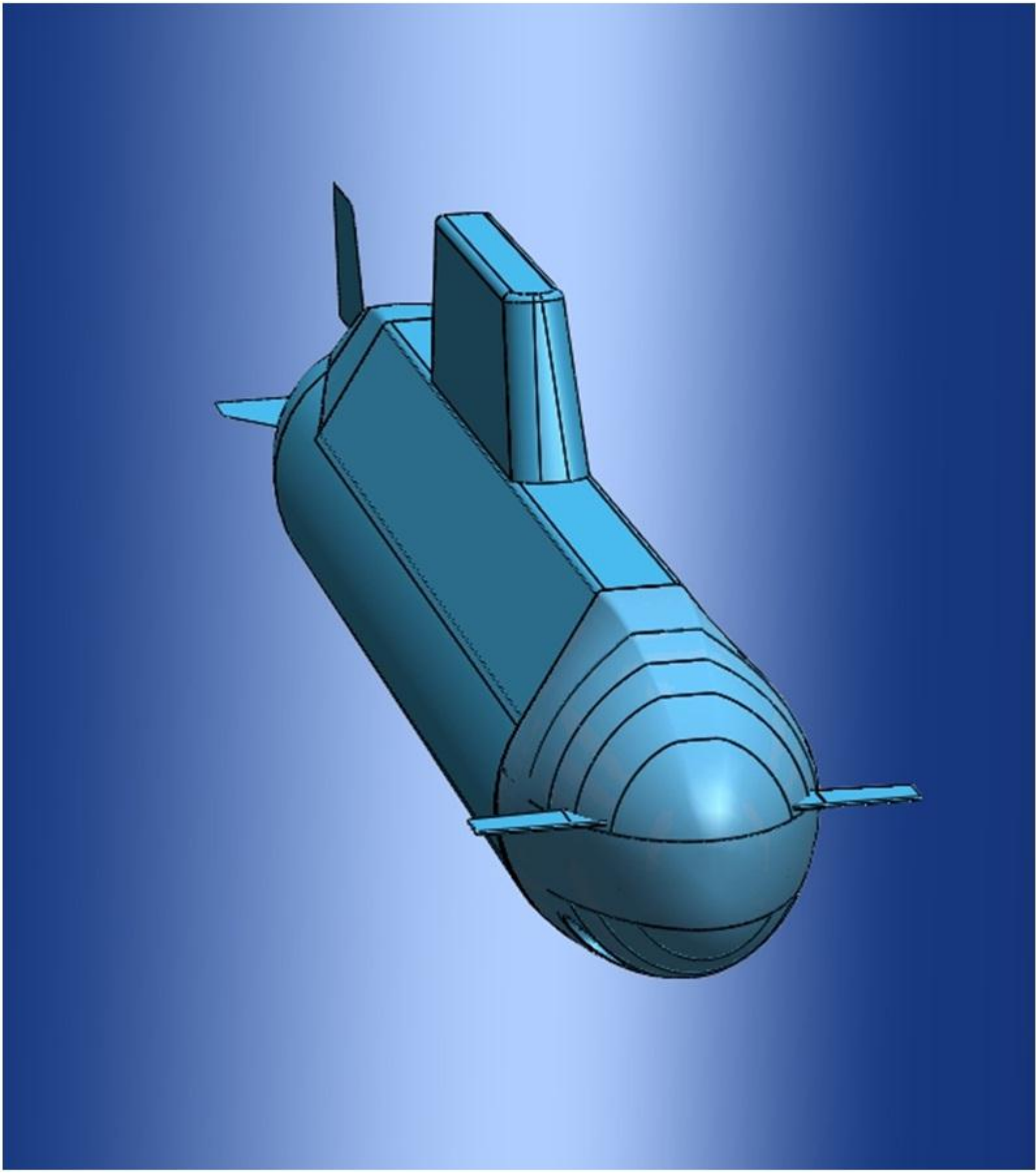
الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

# الأكاديمية العربية الدولية

## المقررات الجامعية

www.aiacademy.info | care@aiacademy.info

# الغواصة من التصميم الى التصنيع



المهندس

# حارث الجبوري

**بسم الله الرحمن الرحيم**

**عَنْ أَنَسِ بْنِ مَالِكٍ عَنْ خَالَتِهِ أُمِّ حَرَامِ بِنْتِ مِلْحَانَ قَالَتْ نَامَ النبي - صلى الله عليه وسلم - يَوْمًا ، ثُمَّ اسْتَيْقَظَ يَتَبَسَّمُ . فَقُلْتُ مَا أَضْحَكَكَ قَالَ « أُنَاسٌ مِنْ أُمَّتِى عُرِضُوا عَلَىَّ يَرْكَبُونَ هَذَا الْبَحْرَ الأَخْضَرَ ، كَالْمُلُوكِ عَلَى الأَسِرَّةِ » . قَالَتْ فَادْعُ اللَّهَ أَنْ يَجْعَلَنِي مِنْهُمْ . فَدَعَا لَهَا ، ثُمَّ نَامَ الثَّانِيَةَ ، فَفَعَلَ مِثْلَهَا ، فَقَالَتْ مِثْلَ قَوْلِهَا ، فَأَجَابَهَا مِثْلَهَا . فَقَالَتِ ادْعُ اللَّهَ أَنْ يَجْعَلَنِي مِنْهُمْ . فَقَالَ « أَنْتِ مِنَ الأَوَّلِينَ » .**

# مقدمة

في هذا الكتاب أقدم فكرة عن عملية التصميم والتصنيع للغواصة عن طريق دراسة لتصميم وتصنيع غواصة صغيرة. في هذا الكتاب أكمل ما بدأته في كتابي السابق عالم الغواصات وأقوم بتفصيل عملية تصميم وتصنيع الغواصة وأحاول أن أبين ما يحتاجه تصنيع الغواصة من تقنيات تصميمية وتصنيعية راجيا أن يقدم فائدة علمية لإخواني المهندسين والمبتكرين.

## المحتويات


** ..... ١

مقدمة ..... ٤

فصل ..... ٧

الغـواصـــة ..... ٩

١-١ الغواصة ..... ١٠

١-٢ أجزاء الغواصة الرئيسية : ..... ١١

١-٢-١ الهيكل (Hull) ..... ١١

١-٢-٢ برج القيادة: ( Conning tower ) ..... ١٢

١-٣ السيطرة و التوجيه تحت الماءِ ..... ١٣

١-٤ استعمالات الغواصة ..... ١٥

١-٤-١ الاستعمالات العسكرية: ..... ١٥

١-٤-٢ الاستخدامات المدنية ..... ١٨

مبادئ أساسية ..... ٢٠

٢-١ مبدأ أرخميدس ..... ٢١

٢-٢ كيفية الاستفادة من قاعدة ارخميدس في التصميم : ..... ٢٢

٢-٣ مبادئ أساسية في تصميم الغواصات : ..... ٢٢

٢-٤ الطفو الموجب ..... ٢٥

٢-٥ الطفو السالب ..... ٢٥

٢-٦ العودة للسطح ..... ٢٥

مكونات الغواصة ..... ٢٧

٣-١ مقدمة: ..... ٢٨

٣-٢ أنواع الهيكل ..... ٣٥

٣-٢-١ هيكل الضغط : ..... ٣٦

٣-٣ نظام الدفع ..... ٣٩

٣-٣-١ نظام الدفع اللاهوائي AIP ..... ٤٠

٣-٣-٢ نظام الدفع النووي ..... ٤١

٣-٤ تقنيات الغوص والتعمق ..... ٤٢

٣-٤-١ الطريقة الساكنة: ..... ٤٣

٣-٤-٢ الغوص الحركي ..... ٤٨

٣-٥ أجنحة الذيل: ..... ٥١

٣-٦ المعدات الأخرى للغواصة ..... ٥٢
مبادئ التصميم ..... ٥٤
٤-١ مقدمة ..... ٥٥
٤-٢ الهدف من التصميم : ..... ٥٦
٤-٣ الرؤية العامة للتصميم : ..... ٥٦
٤-٤ نماذج من مخططات الغواصات : ..... ٦٠
تصميم للدراسة ..... ٦٤
٥-١ التصميم قيد الدراسة ..... ٦٥
٥-٢ تفاصيل التصميم ..... ٦٧
٥-٢-١ البدن الرئيسي للغواصة : ..... ٦٨
٥-٢-٢ البدن الخارجي: ..... ٦٩
٥-٢-٣ أنظمة الغواصة الأخرى : ..... ٧٠
٥-٢-٤ المواد الأخرى: ..... ٧١
٥-٣ خطوات التصميم: ..... ٧١
٥-٣-١ تصميم البدن الرئيسي: ..... ٧١
٥-٣-٢ تصميم الأجزاء الخارجية للغواصة : ..... ٧٤
ملاحظات تصميمية مهمة ..... ٧٥
٥-٤ مرحلة التصميم الدقيق : ..... ٧٧
٥-٥ كيفية حساب الطاقة المطلوبة للدفع ومعلومات اخرى: ..... ٧٨
٥-٦ كيفية اختيار المحرك ..... ٨٠
٥-٧ كيفية اختيار المولد ..... ٨٠
تصنيع الغواصة ..... ٨١
٦-١ عملية انتاج وتحضير الواح الفولاذ: ..... ٨٢
٦-٢ عملية اللحام و التقوية : ..... ٨٤
٦-٣ عملية تركيب المعدات وتهيئة مرافق الغواصة : ..... ٨٥
٦-٤ عملية التجميع النهائي : ..... ٨٧
المصادر ..... ٨٩

**فصل**

لماذا الغواصة ؟

**قال تعالى ((وَأَعِدُّوا لَهُمْ مَا اسْتَطَعْتُمْ مِنْ قُوَّةٍ وَمِنْ رِبَاطِ الْخَيْلِ تُرْهِبُونَ بِهِ عَدُوَّ اللَّهِ وَعَدُوَّكُمْ وَآخَرِينَ مِنْ دُونِهِمْ لَا تَعْلَمُونَهُمُ اللَّهُ يَعْلَمُهُمْ وَمَا تُنْفِقُوا مِنْ شَيْءٍ فِي سَبِيلِ اللَّهِ يُوَفَّ إِلَيْكُمْ وَأَنْتُمْ لَا تُظْلَمُونَ )) الأنفال(٦٠).**

تعتبر الغواصة من أسلحة الردع وفرض السيطرة البحرية الإقليمية والدولية وقد لعبت الغواصات دور مهم في الحروب الإقليمية الماضية فقد استخدمتها البحرية الأمريكية لضرب العراق بالصواريخ في حربي الخليج الأولى والثانية كما استعملت لتأمين الحماية للأساطيل الأمريكية في الحروب التي خاضتها في الخليج والبحر المتوسط.

نستطيع ببساطة إدراك إن هيمنة الدول الاستعمارية خلال القرون الماضية والقرن الحالي إنما يتأتى عن طريق أساطيلها البحرية التي توفر ذراع ضرب طويلة تسمح بإرسال الطائرات والرجال والأسلحة إلى مناطق الحرب ، كما فعل الاستعمار البريطاني ومن قبله البرتغالي وفعلت أمريكا وفعلت دول الناتو في حروبها في الخليج ويوغسلافيا والصومال وليبيا.

يعتبر سلاح الغواصات السلاح الأكثر رعبا للأساطيل البحرية إذ إن بإمكان غواصة واحدة متخفية في أعماق البحر إحداث أضرار بالغة في الأسطول البحري وهذا ما ثبت عمليا في الحربين العالميتين وفي حرب فولكلاند في ثمانينات القرن الماضي ، فما بالك إذا وجدت مجموعات من الغواصات السريعة والقوية لحماية المياه الإقليمية.

إن على الدول العربية أسوة بالدول الإسلامية مثل تركيا وماليزيا امتلاك قوة بحرية من الغواصات تستطيع حماية مياهها الإقليمية من تدخل الأساطيل الغربية وهذا لن يتحقق إلا بوجود إرادة سياسية قوية وحكيمة.

لماذا نصنع الغواصة ؟ لماذا لا نشتريها ؟

نستطيع بسهولة دفع ملايين من الدولارات وشراء غواصة من فرنسا أو ألمانيا أو من روسيا فهذه الدول تخصص جانب من صناعة الغواصات للتصدير إلى دول العالم الثالث. لكن هناك سؤال يُطرح: هل رأيت دولة من الدول المتقدمة تشتري غواصة

عسكرية من دولة أخرى ؟ مثلا هل تشتري اليابان أو ألمانيا أو بريطانيا غواصات من بعضها البعض أو من أمريكا أو روسيا مثلا ؟ بالرغم من العلاقات المتميزة بين هذه الدول ! أو هل تتعاون دول الاتحاد الأوروبي في تصنيع الغواصات كما تتعاون في صناعة المقاتلة الأوروبية ! الجواب كلا ! لماذا؟ لان الأمر ببساطة متعلق بجوهر السلاح نفسه فالغواصة تختلف عن باقي الأسلحة مثل الدبابة والطائرة المقاتلة بان قوتها تكمن في سريتها وتخفيها وإلا فإنها سلاح ضعيف من الممكن اصطياده وتدميره في حال رصده وكشفه تحت الماء ، لذلك فان أي دولة تبيعك غواصة ستبيعك غواصة مكشوفة لها بأدق تفاصيلها وكذلك غواصة معروفة لدول العالم ولن تبيعك غواصة شبح أو متطورة وإضافة إلى ذلك ستبيعك إياها بمبلغ كبير ، ولن تكون هذه الغواصة ذات فائدة سوى ضد الدول العربية المجاورة.

سؤال : هل نستطيع صنع غواصتنا بأيدينا ؟

الجواب ببساطة نعم ، لا تستغرب عزيزي القارئ ، فانك إذا قرأت تاريخ صناعة الغواصات فستجد إنها صنعت قبل ما يقرب من مئة سنة بإمكانيات متواضعة مقارنة لما تملكه بعض الدول العربية من صناعات هندسية ثقيلة مثل السعودية والجزائر ومصر. و إذا كنت تتابع قنوات العالم الوثائقية فستجد إن شركات سياحة صغيرة وهواة استطاعوا بجهودهم الذاتية المالية والصناعية البسيطة صنع غواصات وتسييرها في البحر.

سؤال : هل الغواصة التي سنصنعها ستكون بالمستوى التقني الذي نستطيع به مجاراة التقنيات الحربية الغربية وهل ستستطيع تحقيق ما صُنعت لأجله من حماية المياه الإقليمية وتحقيق الردع للأساطيل الغربية و القوى الإقليمية ؟

هذا السؤال مهم جدا و جوابه يتوقف على قدر إخلاص النية من قبل الإرادة السياسية التي ستعطي قرار التصنيع وعلى الأشخاص الذين ستوكل إليهم مسؤولية انجاز هذا العمل. فالخبرات العربية العلمية والهندسية في معظم الدول العربية تمتلك إمكانيات رائعة إذا ما وظفت توظيفا صحيحا. كما إن أي مشروع جديد يحتاج إلى مراحل تطوير مستمرة وليس هناك تصميم مثالي من النموذج الأول ولكن كل تصميم يحتاج إلى تطوير دائم من اجل الوصول إلى الأفضل. وكما في المثل : مسيرة الألف ميل تبدأ بخطوة واحدة.

# الغـواصـــة

## ١-١ الغواصة

الغواصة هي عبارة عن مركبة مائية قادرة على العمل تحت الماء، وخلافا للسفن التي تطفو فوق الماء فان الغواصات قادرة على الإبحار فوق سطح الماء وتحته.

صممت أولى الغواصات في القرن التاسع عشر و استعملت الغواصة لأول مرة بشكل واسع في الحرب العالمية الأولى. وتراوح استخدامها للأغراض العسكرية من مهام مهاجمة السفن التجارية والغواصات المعادية إلى حماية حاملات الطائرات و تطور بعد ذلك إلى حمل الصواريخ النووية العابرة للقارات.

كذلك استعملت الغواصة للأغراض المدنية في مجالات البحث العلمي والفحص والصيانة البحرية وتمديد الكبلات الضوئية في أعماق البحار والمحيطات.

وتطلق كلمة الغواصة **(Submarine)** على مدى واسع من الغواصات تختلف بأحجامها وتطبيقاتها بدءا من الغواصات الصغيرة غير المأهولة التي يتحكم بها عن بُعد وغواصات أخرى تحمل شخص أو شخصين لأغراض الصيانة أو البحث العلمي وتعمل تحت البحر لساعات قليلة وصولا إلى الغواصات الحربية الضخمة التي يصل طولها لعشرات الأمتار و تحمل عشرات البحارة وقادرة على البقاء لأشهر طويلة تحت الماء.

معظم الغواصات الكبيرة تكون اسطوانية الشكل مخروطية النهايات مع هيكل عمودي ينتصب عادة في منتصفها والذي يحوي أجهزة الاتصال والتحسس والمنظار البحري شكل(١). في الغواصات الحديثة يسمى هذا الجزء البرج (الصارية حسب الترجمة الحرفية لـ **Sail** التسمية الأمريكية ) أو الزعنفة ( **Fin** التسمية الغربية ). سنطلق عليه في كتابنا هذا تسمية البرج لسهولة تلقيه من القراء.

شكل (١) صورة تظهر الشكل الاسطواني للغواصة مع النهايات المستدقة والبرج ( **الغواصة فيرجينيا SSN 774)**

## ١-٢ أجزاء الغواصة الرئيسية :

نتكلم في هذا الفصل بصورة أساسية عن الغواصة الحربية إذ إن الغواصات الحديثة بمختلف أنواعها تصمم وفق نفس المبدأ مع اختلافات تصميمية تناسب الوظيفة المصنوعة لأجلها.

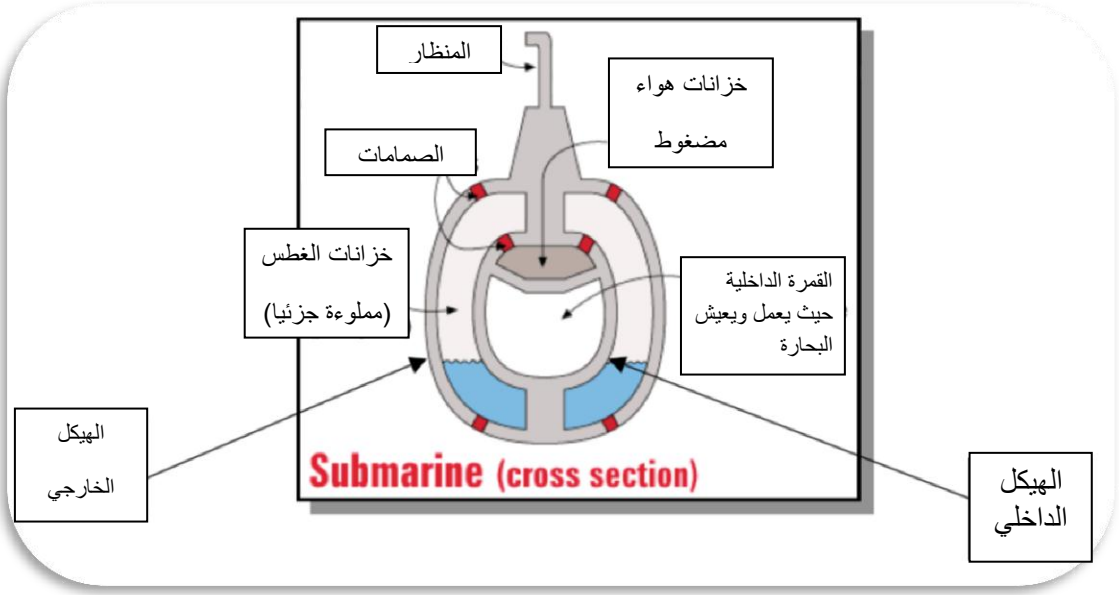
### ١-٢-١ الهيكل (Hull)

الغواصة هي عبارة عن حاوية ضخمة محكمة الإغلاق اسطوانية الشكل مستدقة النهايات تتكون من هيكل مفرد أو من هيكلين داخلي وخارجي.

الهيكل المفرد أو الهيكل الداخلي **(Inner hull)** ويسمى أيضا هيكل الضغط ( **Pressure Hull** ) يقوم بحماية البحارة وأجهزة الغواصة الحساسة من ضغط الماء في أعماق المحيط ومن درجات الحرارة المنخفضة.

بينما الهيكل الخارجي ( **Outer Hull**) يؤلف شكل الغواصة العام الظاهر.

خزانات الغطس أو الثقل ( **Ballast Tanks**) وهي المسؤولة عن عملية الطفو والغطس توضع بين الهيكلين الخارجي والداخلي عادةً. شكل (٢).



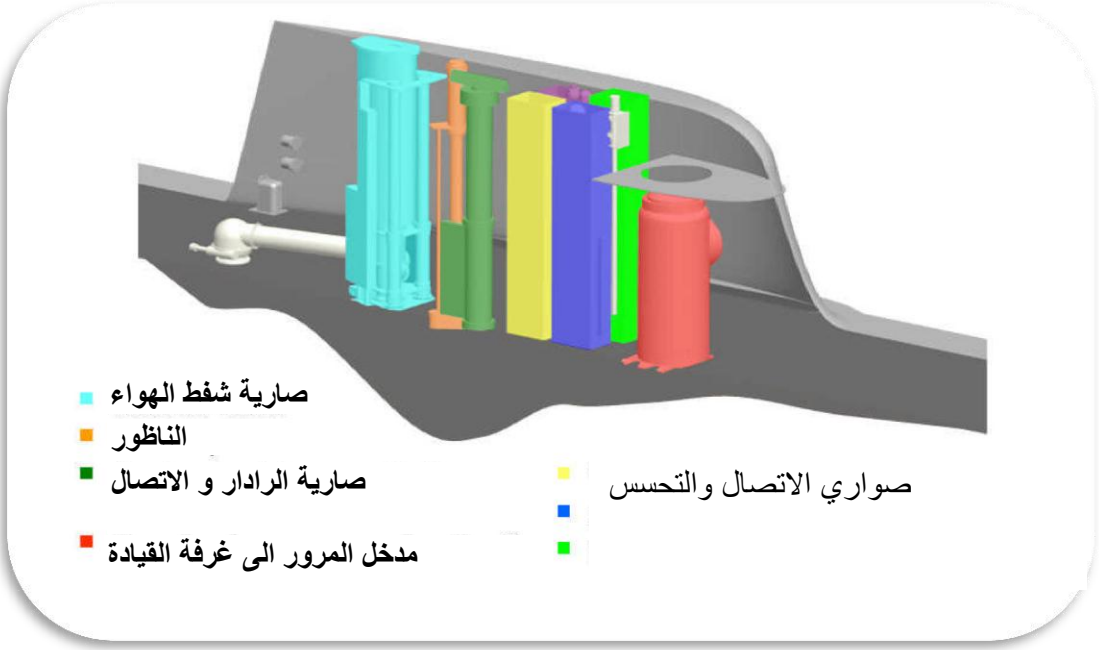

شكل (٢ ) مقطع يوضح الهياكل الرئيسية للغواصة ومكان خزانات الغطس.

### ١-٢-٢ برج القيادة: ( Conning tower )

كماَ تُلاحظُ في الأشكال السابقة تمتلك الغوّاصة برج معدني كبير يَرتفع خارج هيكلِ الغوّاصةَ. هذ البرج يسمى برج القيادة **(conninig tower)**.

يحتوي برج القيادة على الناظور ولاقط الرادارَ وهوائي اللاسلكي والمتحسسات بالإضافة إلى أجهزة ومعدات مختلفة ، إضافة إلى فتحة خروج البحارة ، في السابق كانت توضع حجرة التحكم والقيادة في هذا البرج ومنها اخذَ اسمه أعلاه ولكن لاحقا انتقلت غرفة القيادة إلى داخل الهيكل وبقي البرج يحوي المعدات المهمة لعمليات التوجيه والقيادة. شكل (٣) و (٤).

شكل ( ٣ ) صورة يظهر فيها البرج وقد ارتفعت منه صواري أجهزة المراقبة والاتصال وغيرها وقد خرج منه بعض البحارة



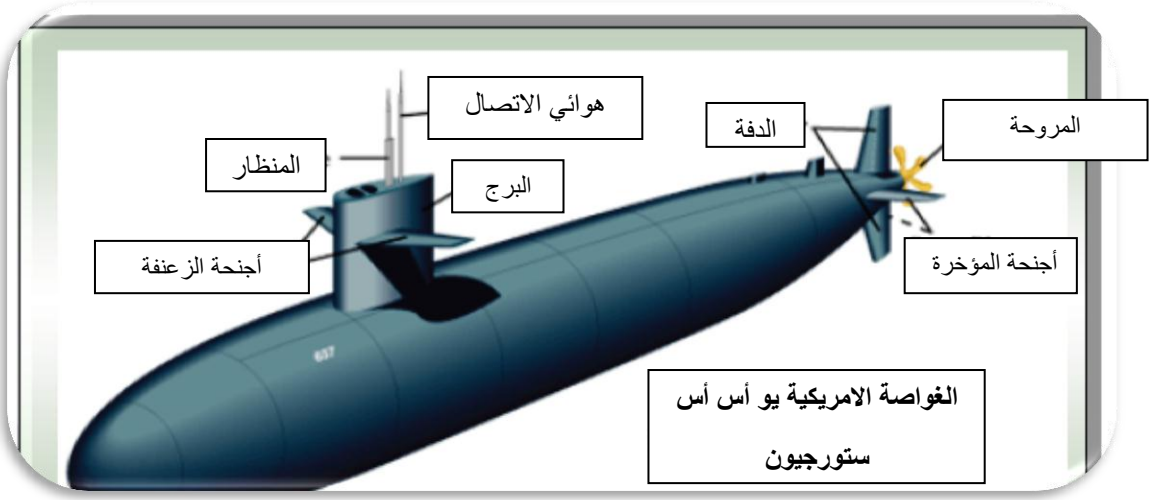

شكل ( ٤ ) يظهر بعض أجزاء البرج الرئيسية.

### ١-٣ السيطرة و التوجيه تحت الماءِ

عندما تكون الغوّاصة تحت الماء، هناك وسيلتان تستعملان للتوجيه:

الوسيلة الأولى الدفّةُ **( rudder )** وهي تعمل على توجيه الغواصة يمينا ويسارا، و الثانية هي أجنحة الغوص **(diving planes)**، تسيطرْ على صعود و نزول الغواصةَ، أَو استقرارها.

للغواصة الحديثة مجموعتان من أجنحة الغوصِ ، المجموعة الأولى هي أجنحة المؤخرة **(stern planes)** ،الواقعة في المؤخَّرةِ والمتصلة بالدفة والمروحة **(propeller)**. والمجموعة الثانية تكون في الأمام وهي قد تثبت في البرج و تسمى أجنحة البرج **( sail planes )** الشكل (٥).




شكل ( ٥ ) يوضح أجزاء الزعنفة ومجموعة الذيل

و قد تثبت كما في بَعْض الغوّاصاتِ ، ومنها صنفِ فرجينيا الأمريكية في المقدمة و تسمى أجنحة المقدمة **( Bow planes)** وكما في الغواصة النووية الانكليزية الحديثة **UK's HMS Astute**. شكل (٦).

شكل ( ٦ ) الغواصة البريطانية الحديثة **UK's HMS Astute** حيث تظهر في الصورة أجنحة المقدمة

## ١-٤ استعمالات الغواصة

### ١-٤-١ الاستعمالات العسكرية:

استعملت الغواصة بصورة مكثفة خلال الحرب العالمية الثانية لإغراق السفن المعادية حيث استعملت الطوربيدات في حال الغطس (شكل ٧) و استعملت مدافع السطح عند طفو الغواصة شكل (٨).

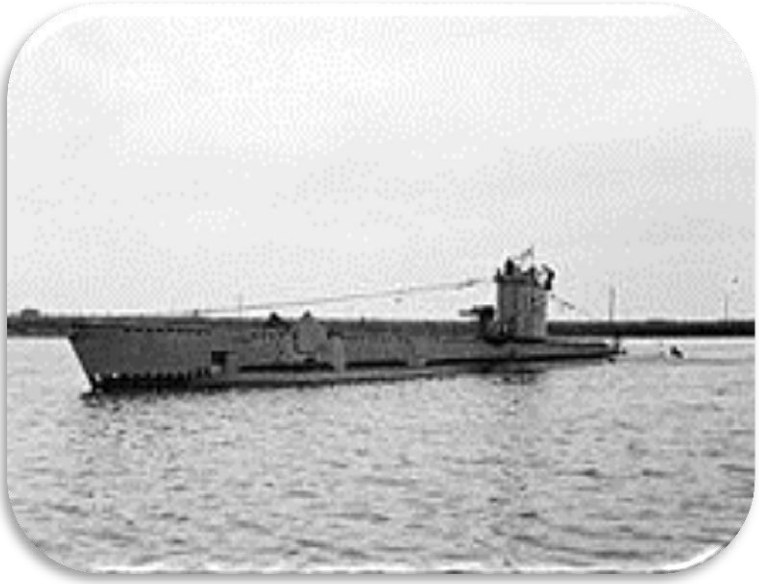
شكل (٧ )طوربيد أثناء التحميل للغواصة

شكل (٨ ) غواصة من الحرب العالمية الثانية وعلى ظهرها مدفع مضاد للسفن

و قد كان للغواصات تأثير فعال في إغراق سفن الشحن والنقل في كلا الحربين العالميين الأولى والثانية.

كذلك أوكلت للغواصات مهمة زرع الألغام في بداية الجزء الأول من القرن العشرين وفي عمليات إدخال وإخلاء الجواسيس ورجال المهمات الخاصة إلى ارض العدو بالإضافة إلى إنقاذ الطيارين في حال سقوط طائراتهم في المحيط خلال العمليات البحرية الكبرى. ومن المهمات التي قامت بها حمل الشحنات الخاصة أو مواد التموين إلى الغواصات الأخرى.

واستطاعت الغواصات أيضا إغراق الغواصات المعادية العائمة فوق سطح الماء حيث استطاعت الغواصة ( فينتور **P68** ) إغراق الغواصة (**U-864**) بواسطة أربع طوربيدات بينما كانت تطفو فوق سطح الماء. شكل (٩).



شكل (٩) الغواصة فينتور **P68**

بعد الحرب العالمية الثانية تم تطوير الطوربيدات وأنظمة السونار ومحركات الدفع النووية فأصبحت الغواصات قادرة على اصطياد بعضها البعض.

التطور في إمكانية الغواصات في إطلاق الصواريخ النووية والصواريخ الجوالة أعطت الغواصات القدرة على مهاجمة الأهداف البعيدة المدى الموجودة سواء في البحر أو على البر بمختلف الأسلحة التقليدية والنووية.

تعتمد القدرة الدفاعية للغواصة أساسا على قدرتها على الاختفاء في أعماق المحيط. الغواصات في الحرب العالمية الثانية كان يمكن اكتشافها تحت الماء بواسطة الصوت الذي تحدثه. فبسبب قابلية الماء الممتازة على نقل الصوت تستطيع سفن السطح كشف وتحديد موقع الغواصات عن طريق الضوضاء الذي تحدثه محركاتها.

حديثا ونتيجة تطوير تصاميم المراوح تم تقليل الأصوات الصادرة منها بصورة كبيرة مما سمح لها بالإبحار في هدوء وسط المحيط حيث أصبحت صعبة الكشف. وعلى نفس المنوال تم تطوير تقنيات متقدمة لكشف ومهاجمة الغواصات الحديثة.شكل (١٠).

شكل (١٠ ) صورة لمروحة في مرحلة التصنيع

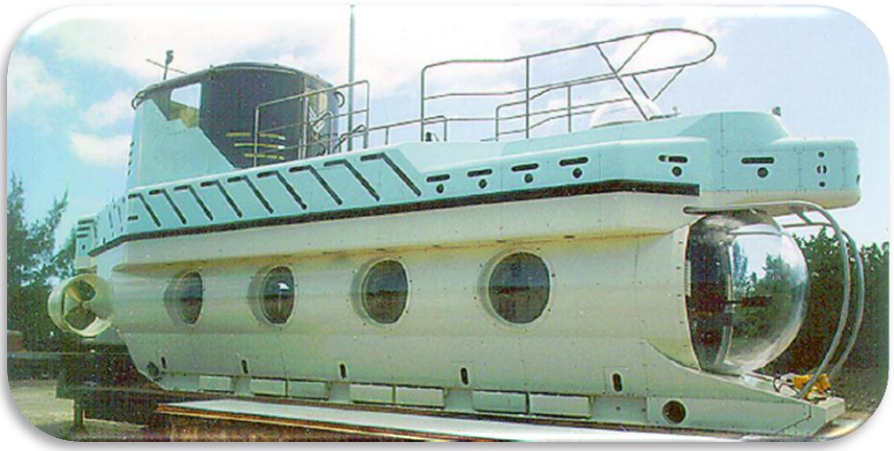
يقوم السونار الفعال بإطلاق موجات صوتية ومن ثم رصد انعكاسات هذه الموجات لتحديد وجود الغواصات والأجسام الغاطسة كالألغام وغيرها في تقنية شبيهة بالرادار. هذه التقنية استعملت منذ الحرب العالمية الثانية من قبل السفن والغواصات وحتى الطائرات.

ولكن الغواصات العسكرية الحديثة أصبحت أكثر اختفاء وشبيهة بالشبح فهي تستطيع إجبار القوات البحرية للعدو على خسارة سيطرته على البحر وتجعل قطعه البحرية فريسة سهلة ، استخدمت ميزة الاختفاء هذه بصورة فعالة في حرب فولكلاند عام ١٩٨٢ عندما استطاعت الغواصات البريطانية إغراق السفن الأرجنتينية وأجبرت القوات البحرية الأرجنتينية على الانسحاب لموانئها وبالتالي إلى خسارتها الحرب.

### ١-٤-٢ الاستخدامات المدنية

تستعمل الغواصات المدنية في مجالات متعددة مثل السياحة المائية و الاستكشاف وفحص المنشآت البحرية سواء النفطية والغازية ومد خطوط الأنابيب والكبلات الضوئية. شكل (١١) و(١٢).

شكل (١١) صورة غواصة الاستكشاف **DSV Alvin**



شكل (١٢ ) صورة لغواصة سياحية

# مبادئ أساسية

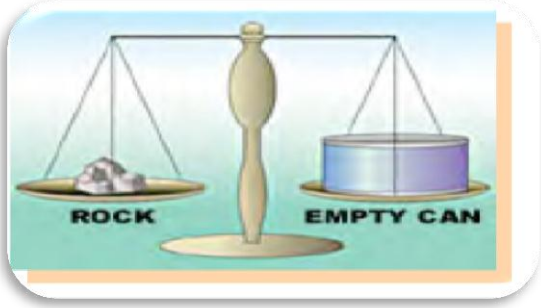
## ٢-١ مبدأ أرخميدس

الآن بعد أن تعرفنا على أجزاء الغواصة ولمحة عنها لنتعرف بصورة مبسطة عن المبادئ الفيزيائية التي تعتمدها الغواصة للغطس والطفو.

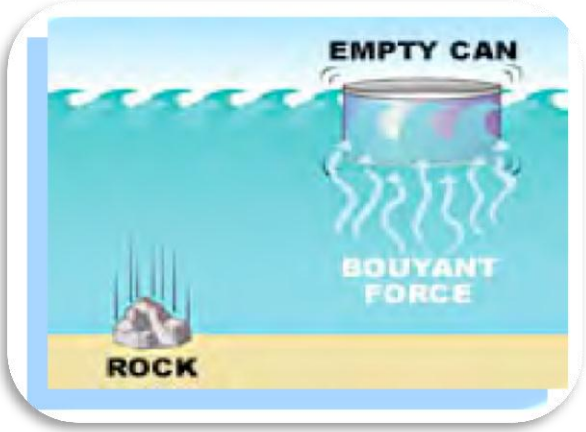
أولا لنتعرف على مبدأ ارخميدس والذي يسمى قانون الطفو أو الإزاحة. ينص القانون على : " إن أي جسم يغمر بصورة جزئية أو كلية في سائل ما فانه يطفو بقوة مساوية لوزن السائل المزاح بواسطة الجسم".

وببساطة فإن وزن الجسم المغمور يؤثر باتجاه الأسفل وقوة الطفو الناتجة عن إزاحة السائل من قبل الجسم تؤثر إلى أعلى. إذا كانت قوة الطفو أكبر من وزن الجسم فان الجسم سوف يطفو.

وبشكل أكثر دقة فإننا نستطيع استعمال خاصية الكثافة لتحديد قابلية طفو الجسم من عدمه. تعرّف الكثافة رياضيا بأنها كتلة الجسم تقسيم حجمه. فإذا كانت كثافة الجسم الكلية أعلى من كثافة الماء فان الجسم سوف يغرق كما تغرق الصخرة الظاهرة في الشكل (١٣)و(١٤).




شكل ( ١٣ ) جسمان متساويان في الوزن مختلفان في الحجم




شكل ( ١٤ ) يظهر غرق الصخرة لان كثافتها الكلية أعلى من كثافة العلبة المعدنية.

## ٢-٢ كيفية الاستفادة من قاعدة ارخميدس في التصميم :

لنفترض ان لدينا مكعب طول ضلعه متر واحد ، حجم هذا المكعب هو طول الضلع في نفسه ثلاث مرات ( ١ * ١ *١ ) ويساوي واحد متر مكعب. لإيجاد وزن الماء المزاح لهذا المكعب فإننا نضرب حجم المكعب في كثافة الماء وهي ١٠٠٠ كغم/متر$^{٣}$ ( كثافة ماء البحر ١٠٢٥ كغم/متر$^{٣}$) وبذلك يكون وزن المكعب :

وزن المكعب = ١ × ١٠٠٠ = ١٠٠٠ كغم

إذن : إذا كان وزن المكعب الفعلي اكبر من ١٠٠٠ كغم فانه سيغطس مثل الحجر في البحيرة و إذا كان وزنه اقل من ١٠٠٠ كغم فانه سيطفو.

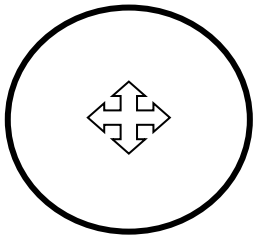
سؤال : إذا أردنا إن نصنع المكعب المذكور أعلاه من الفولاذ ونريده أن يطفو فكيف نفعل ذلك ، علما ان كثافة الفولاذ أكبر من كثافة الماء و تبلغ ٧٨٠٠ كغم/م$^{٣}$ ؟

الجواب : نجعل المكعب مجوف من الداخل بحيث ان وزنه الكلي لا يتجاوز ١٠٠٠ كغم. وكثافته الكلية أقل من ١٠٠٠ كغم/م$^{٣}$.

## ٢-٣ مبادئ أساسية في تصميم الغواصات :

١-مركز ثقل الماء المزاح :

لون إن لدينا كرة كما في الشكل أدناه ( شكل ١٥):

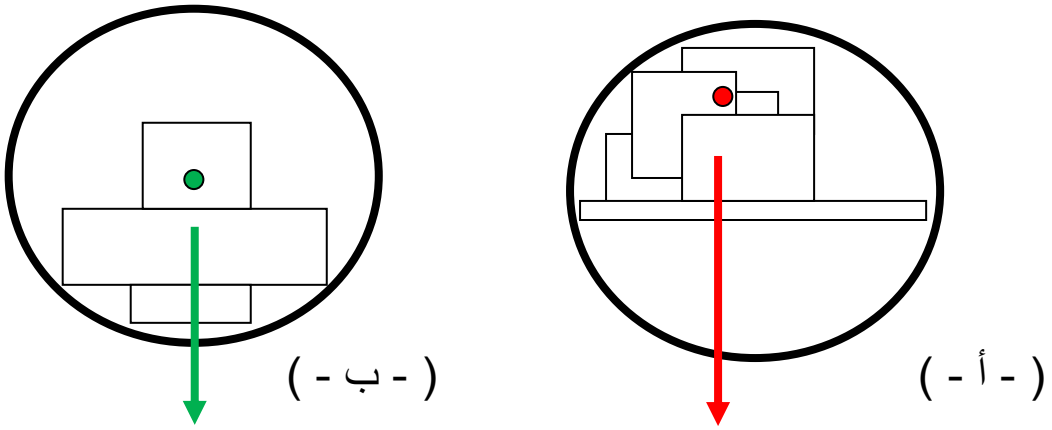


شكل (١٥) مقطع كرة.

فان مركز ثقلها سيكون في مركزها بالضبط مهما كان نوع المادة المصنوعة منها ما دامت المادة متجانسة، كذلك فان شكل الماء المزاح سيكون أيضا على شكل كرة مركز ثقلها في مركز حجمها تماما.

٢-مركز ثقل الغواصة :

لو إننا اخترنا الكرة السابقة لتكون غواصة فان موقع مركز ثقلها سيعتمد على تركيب هذه الكرة وما سنضع فيها من معدات ومواد وطريقة توزيعها داخل حيز الكرة. انظر الشكل ١٦.

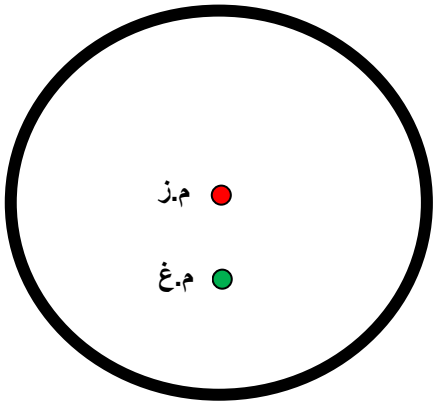



شكل (١٦) شكل يوضح تأثير توزيع المعدات داخل الغواصة على مركز ثقلها ، شكل ( أ ) معدات موضوعة أكثر في أعلى اليسار تجعل مركز ثقل الجسم في أعلى اليسار. (ب) المعدات موضوعة في وسط الجسم ومعظمها في الأسفل تجعل مركز الثقل قريبا من الأسفل.

٣- التوازن:

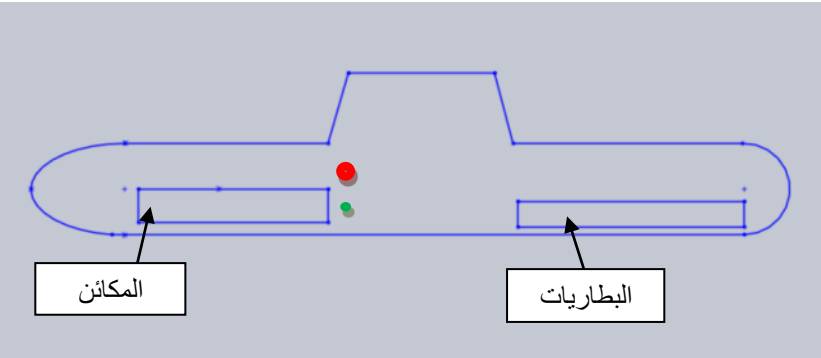
التوازن في الغواصة أو السفينة مهم جدا في تصميم الغواصة إذ إن له أهمية كبيرة في سلامة الغواصة أو السفينة وبقائها مستقرة لتعمل بشكل سليم وصحيح.

بسبب كون الغواصة في حقيقتها تعوم داخل الماء ولا تسير على ارض صلبة فان مركز ثقل الماء المزاح يمثل محور عزم القصور الذاتي للغواصة أي محور استقرار الغواصة وتوازنها وهو يعمل كمحور دوران ولنرمز له (م.ز) فاذا كان مركز ثقل الغواصة الفعلي ولنرمز له ( م.غ) مطابق لـ ( م.ز) فان الغواصة ستكون متوازنة في الماء ومستقرة ولكن لصعوبة تحقيق هذا الأمر عملياً فانه وجد فعليا إن أفضل حالة استقرار للغواصة عندما يكون (م.غ) يمر بالخط العمودي النازل من (م.ز) وأسفل منه ، كما في الشكل ١٧.




شكل (١٧) مركز ثقل الغواصة أسفل مركز ثقل الماء المزاح

كما شرحنا سابقا فان مركز ثقل الغواصة كلما كان بعيدا إلى الأسفل عن مركز ثقل الماء المزاح لجسم تلك الغواصة كانت أكثر استقرار ومنعةً من الانقلاب ، و لان كون معظم الغواصات تصمم بشكل اسطوانة طويلة مستدقة النهايات فانه يتم توزيع المعدات على طرفي مركز ثقل الإزاحة لتتوازن الغواصة ويكون مركز ثقلها الفعلي قريبا من مركز ثقل الإزاحة كما توضع المعدات الثقيلة قريبة من قعر الغواصة ليكون مركز الثقل إلى الأسفل. شكل ١٨.




شكل (١٨) توزيع المعدات الثقيلة على طرفي الغواصة الأمامي والخلفي.

ولصعوبة توزيع المعدات عمليا بصورة دقيقة للحصول على التوازن المطلوب وخاصة بسبب وجود أوزان متغيرة خلال إبحار الغواصة مثل الوقود والأسلحة و الخ. فانه يتم استعمال خزانات للموازنة أمامية وخلفية وعلى الجانبين تملأ بالماء حسب الحاجة للسيطرة على توازن واستقرار الغواصة ، حيث تملأ و تفرغ بواسطة مضخات للسيطرة بصورة دقيقة على حجم الماء فيها للحصول على التوازن المطلوب للغواصة.

### ٢-٤ الطفو الموجب

تسيطر الغواصات على عملية الطفو باستعمال خزانات الغطس. شكل (١٩).

### ٢-٥ الطفو السالب

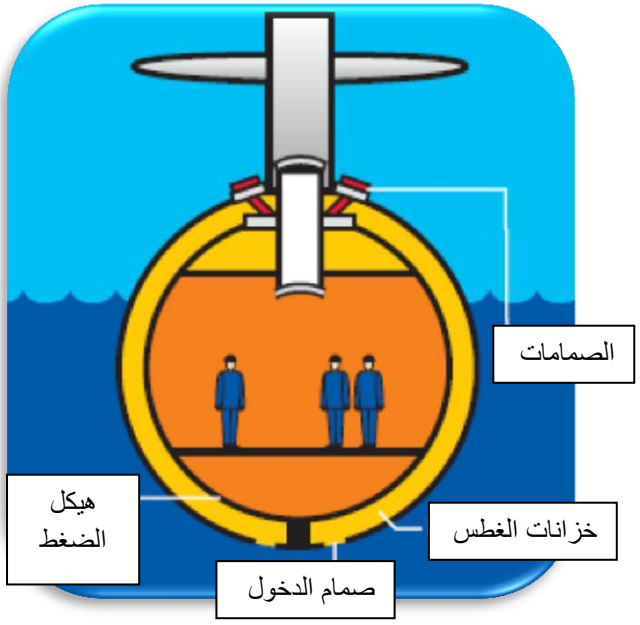
للغوص يجب أن تحصل الغواصة عل حالة الطفو السالب. يتم ذلك بالسماح للماء بالدخول إلى خزانات الغطس حيث تملأ بالماء وبالتالي تبدأ الغواصة بالغطس.

خزانات الغطس المملوءة تجعل كثافة الغواصة اكبر من كثافة الماء المحيط بها مما يجعلها تغوص تحت سطح الماء. شكل (٢٠).

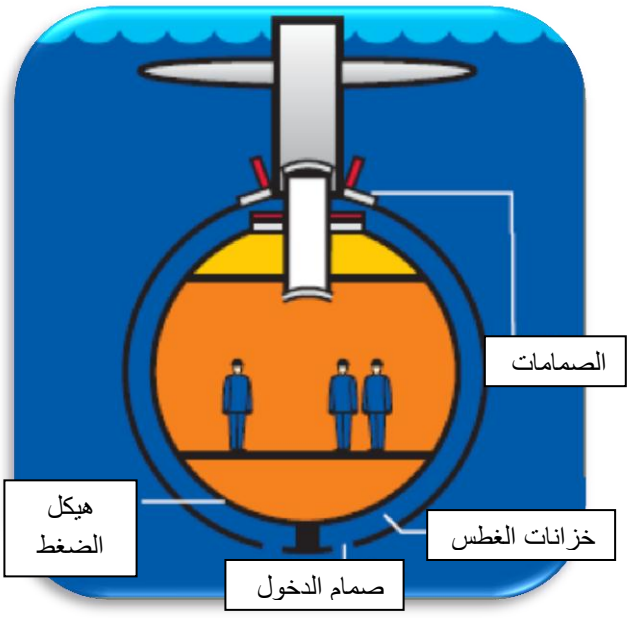
### ٢-٦ العودة للسطح

لجعل الغواصة ترتفع وتطفو من جديد يتم ضخ هواء بضغط عالي داخل خزانات الغطس مسببا طرد الماء منها وبالتالي تحصل الغواصة على الطفو الموجب حيث

تصبح اقل كثافة من كثافة الماء المحيط بها. يتم عادة استعمال اسطوانات شبيه باسطوانات الأوكسجين الطبية مملؤوة بهواء مضغوط موضوعة داخل هيكل الغواصة حيث يتم ضخ الهواء إلى الخزانات عن طريق أنابيب وصمامات تفتح و تغلق عند الحاجة.




شكل (١٩) تظهر الغواصة عند الطفو.

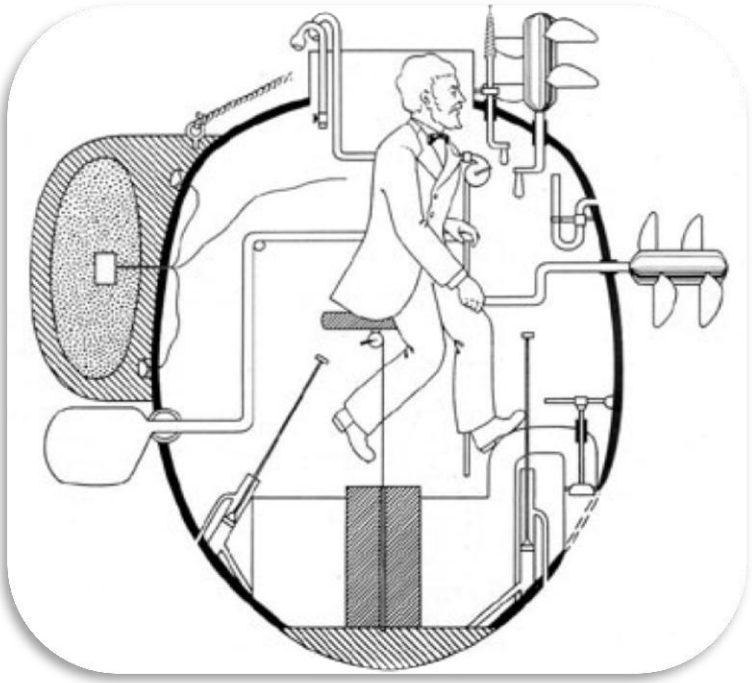



شكل (٢٠) تظهر الغواصة عند الغطس

# مكونات الغواصة

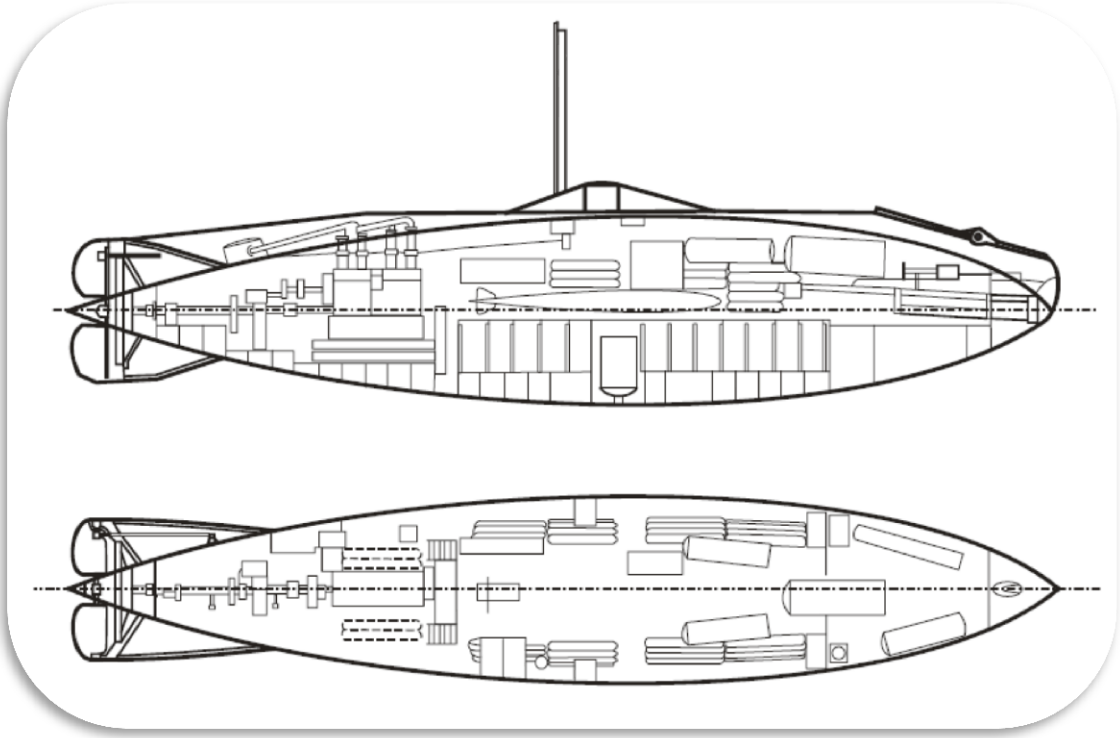
## ٣-١ مقدمة:

صممت أولى الغواصات لتدار بصورة يدويا وسميت بالسلحفاة انظر الشكل (٢١ ).



شكل (٢١): السلحفاة

التطور في التصميم ظهر بصورة مميزة عام ١٨٩٩ مِن قِبل مديرِ مدرسة أمريكيِ اسمه جون هولند بتصميمِه الغواصة "هولند ". الذي تَضمّنَ العديد مِنْ الميزّاتِ الشبيهة بميزات الغوّاصات الحديثةِ. الشكل (٢٢ ).

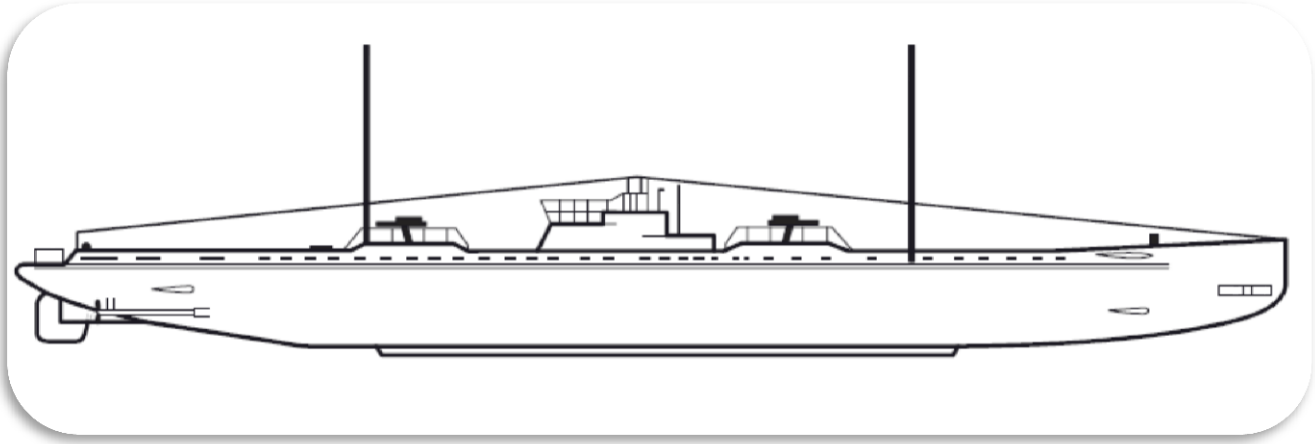


شكل ( ٢٢) مخطط الغواصة هولند

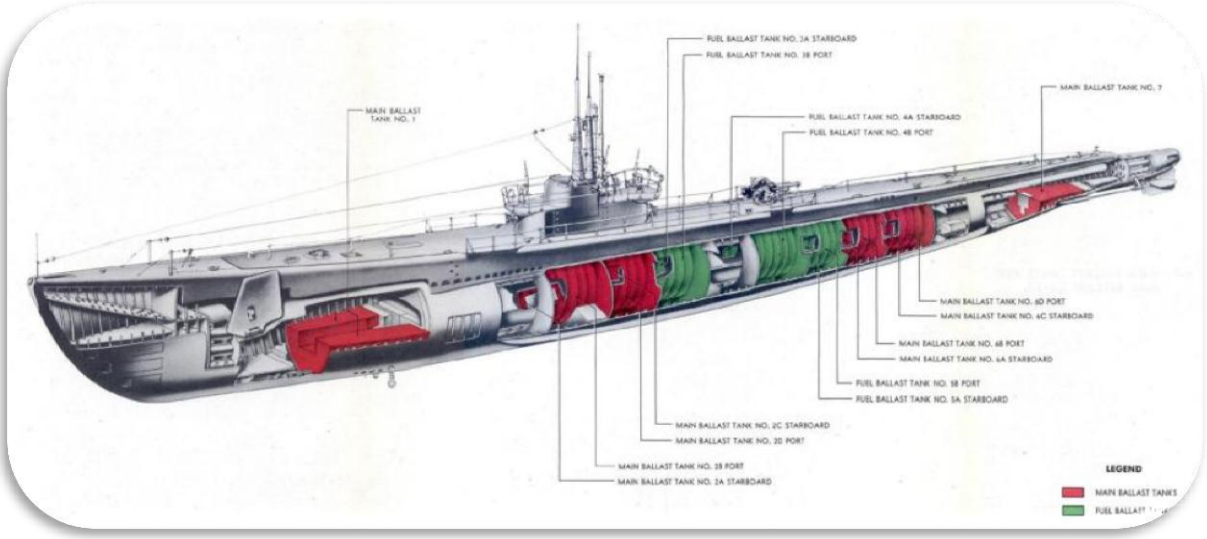
كَانتْ إزاحتها تبلغ ٦٣ طنَ ، بطول كلي يصل إلى ٥٣ قدمِ (١٦.٢ م) وسرعة عند الغطس تصل إلى ٥ عقد (٢.٦ م\ثا ). وبلغ مداها ١٥٠٠ ميل بحري (٢,٧٧٨ كيلومتر).

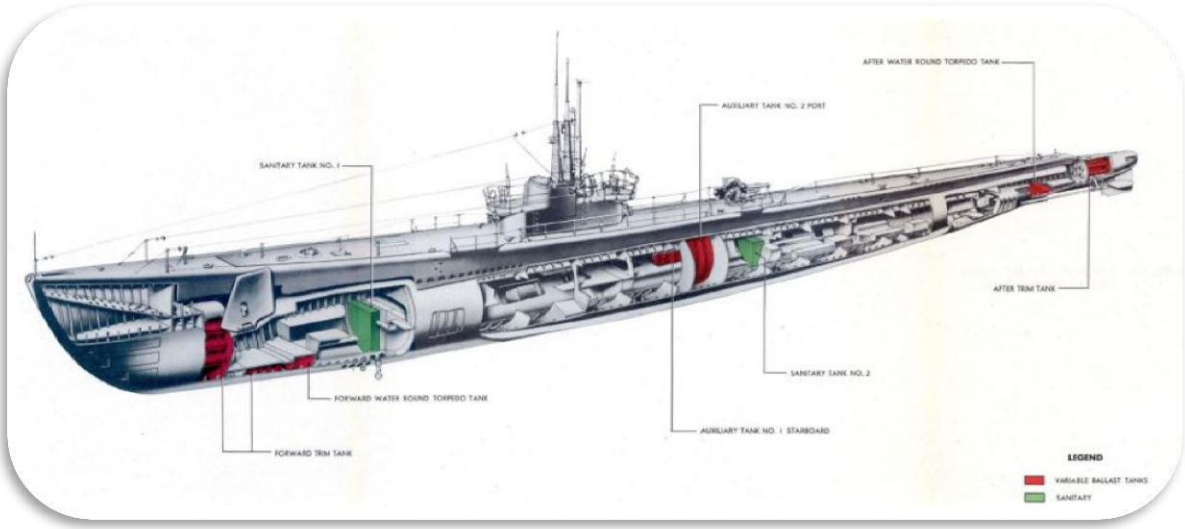
بسبب محددات أنظمة الدفع في الغواصات الأولى أجبرت الغواصات على العمل فوق سطح الماء معظم الوقت مما جعل تصميم هيكلها أشبه بالسفينة منه إلى الغواصة الحديثة. كانت السرعة عند الغوص بطيئة لا تتجاوز ١٠ عقدة ( ١٨ كيلومتر\ساعة ) لذلك كانت زيادة الإعاقة للحركة تحت الماء مقبولة.

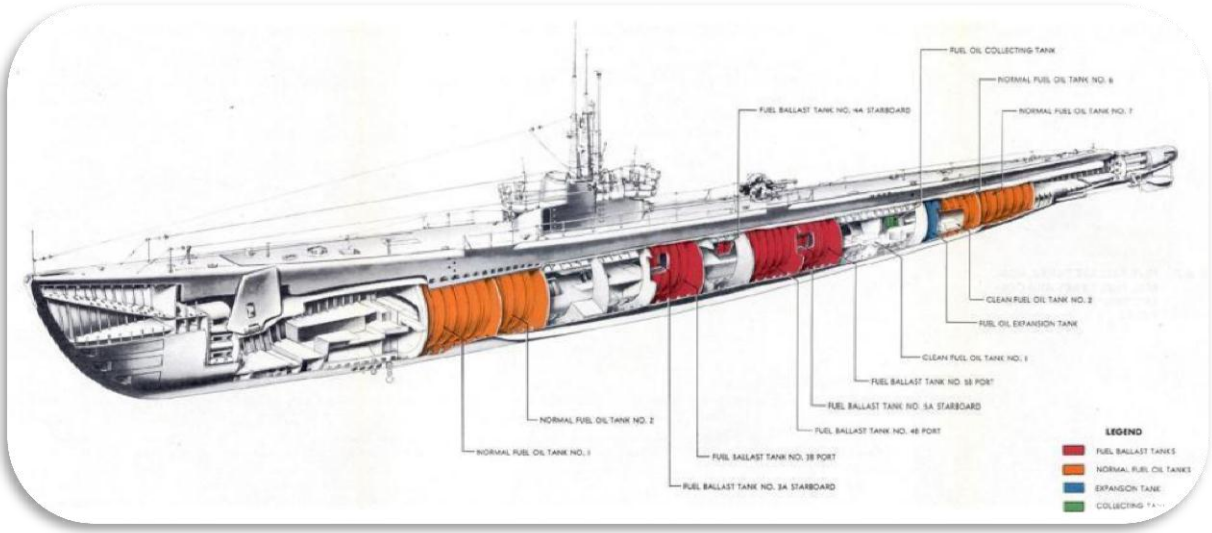
عجّلتْ الحرب العالمية الأولى في تطور تصاميمِ الغوّاصاتِ. فطور الألمان غواصاتهم فصنعوا غواصات طويلة وثقيلة قادرة على الإبحار مسافات شاسعة وتعمل بالديزل عُرفت بغواصات U. اشتهرت هذه الغواصات خلال الحربين العالميتين الأولى والثانية وكانت تعمل بصورة رئيسية فوق الماء ، مزودة بمدفع و بأجنحة كبيرة مثبتة على الجسر ومراوح دفع مزدوجة وفتحات تنفيس وغطس متعددة تتيح لها سرعة الغطس والطفو ، ترافق مع أداء غير كفوء تحت الماء. ومن أمثلتها الغواصة u-35. الشكل (٢٣ ) و(٢٤). والغواصة من الحرب العالمية الثانية VIIC.



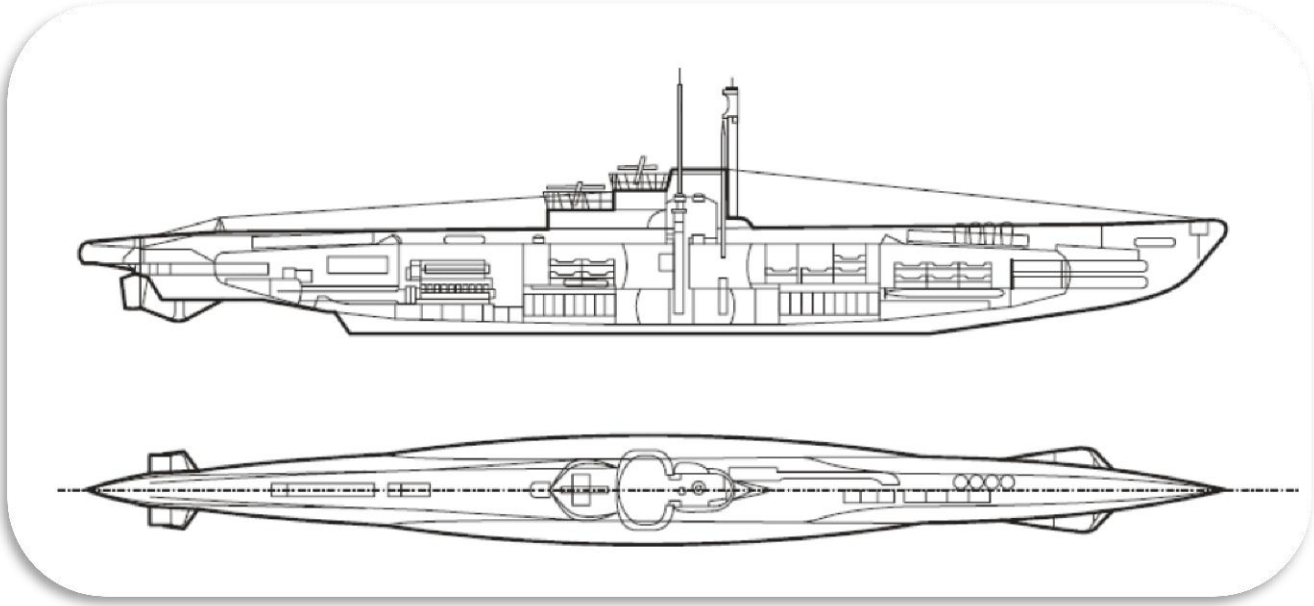
شكل ( ٢٣) الغواصة u-35 وهي مثال لتصاميم الحرب العالمية الأولى.



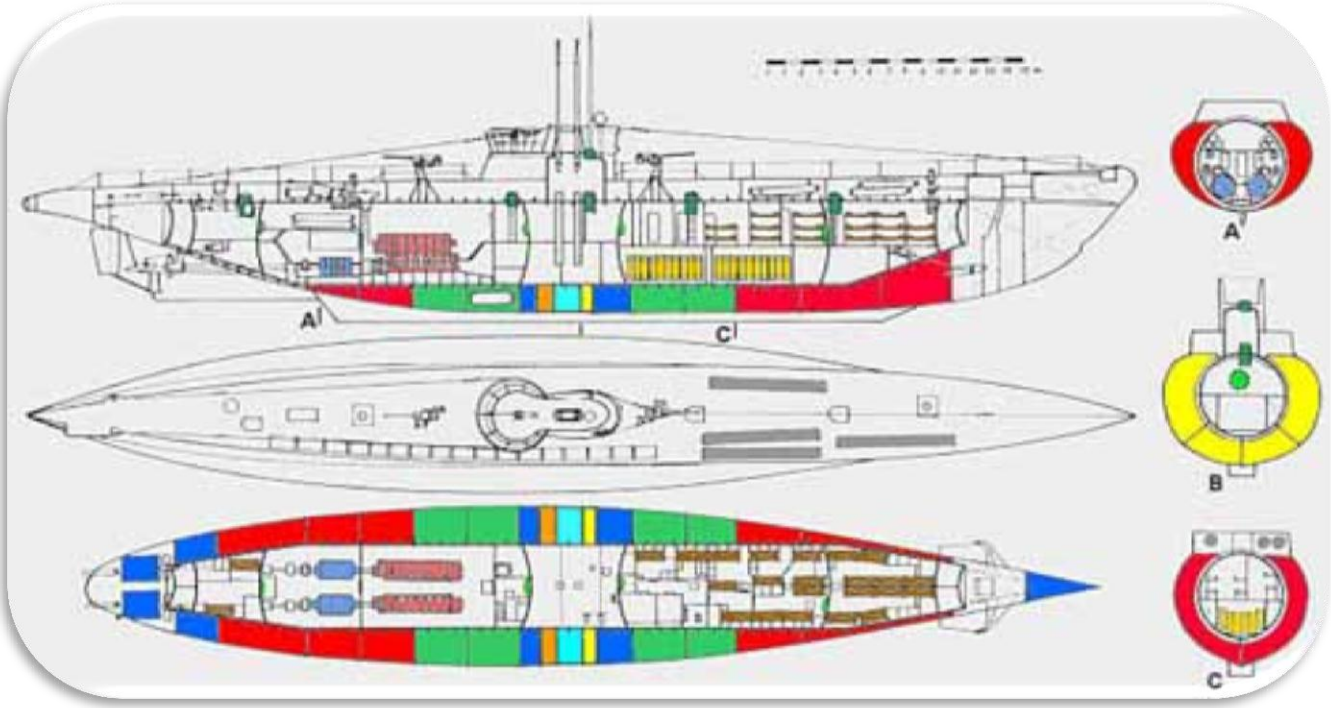






شكل (٢٤ ) : مخططات توضيحية لغواصة من الحرب العالمية الأولى.



شكل ( ٢٥) مخطط الغواصة الالمانية نوع VIIC احدى غواصات الحرب العالمية الثانية.

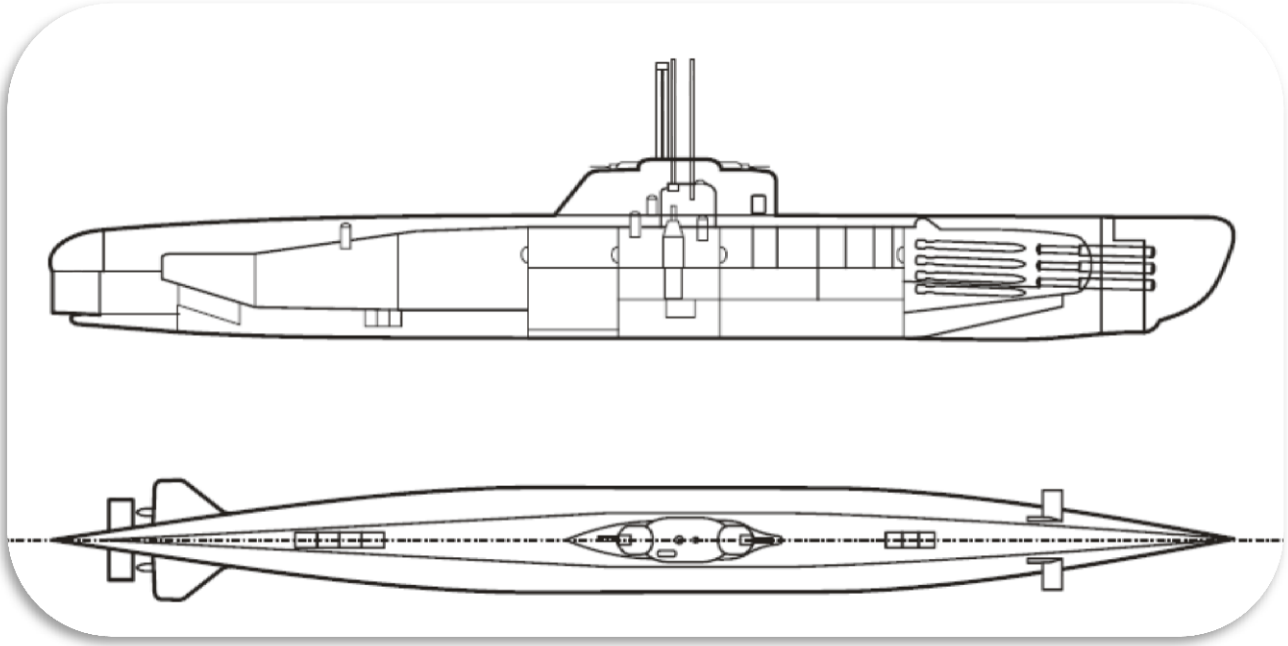



شكل (٢٦ ) مخطط تفصيلي للغواصة الالمانية نوع VIIC .

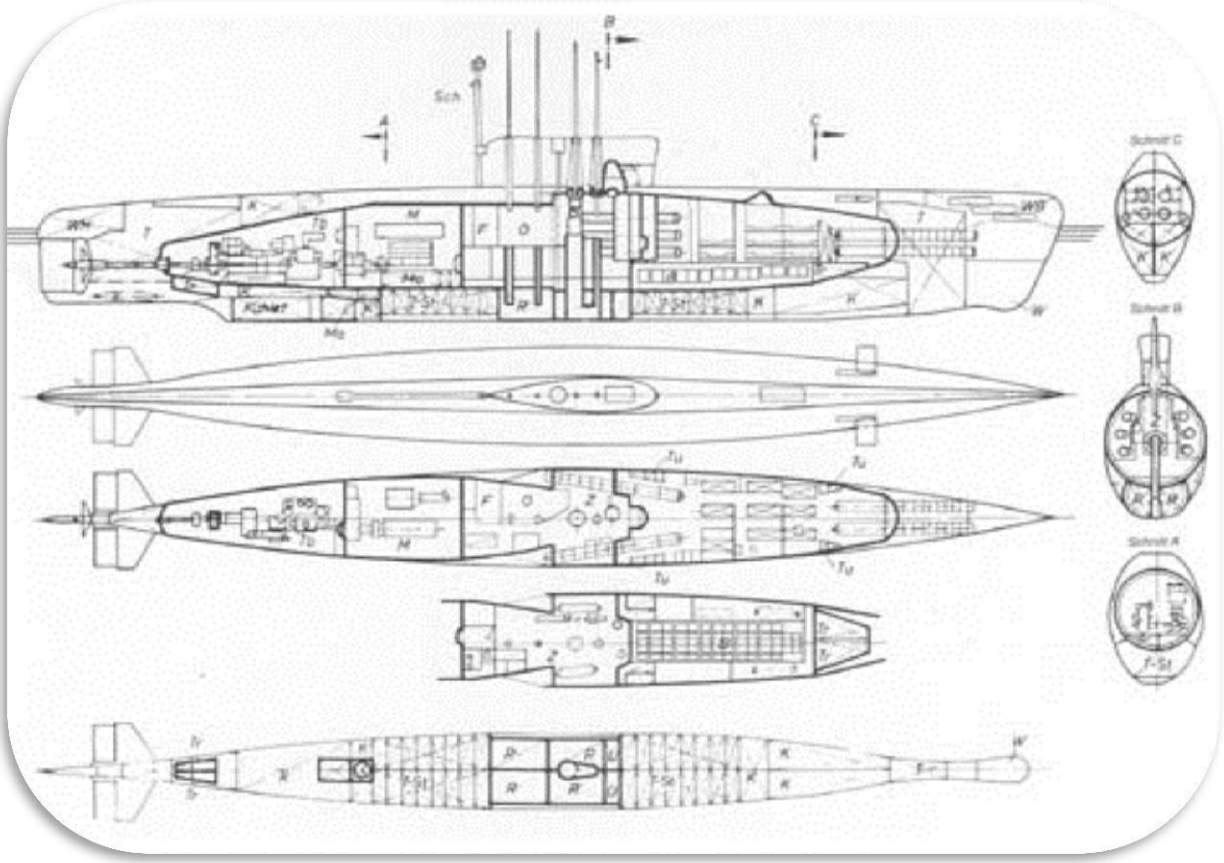
نتيجة خسائرِ الغواصات المتزايدةِ في عام ١٩٤٣، أسس الألمان مركز "بحوث تحت الماء" بهدفِ إنْتاج غواصة سريعة فعالة قادرة على الغطسِ لفترات أطوّل.

وكانت حصيلة الأبحاث متمثلة بالغواصة نوع u21 والتي صممت لأول مرة لتستخدم نظام دفع لا هوائي (AIP) بواسطة استخدام وقود هو بيروكسيد الهيدروجينِ ولكن بقي استخدام نظام الدفع هذا تجريبيا بسبب نُدرة بيروكسيد الهيدروجينِ، لذلك تَبنّى المصممونُ طاقة ديزلِ - كهرباء مُحَسَّنةِ.

كذلك طُوّرَ الهيكل بشكل مثير، تم إزالة البندقيةِ المكشوفةِ وأيّ ميزّة خارجية في الهيكل تسبب زيادة إعاقة الحركة كتَخفيض حجمِ برج القيادة والمساحة السطحية المستعرضة له. تم زيادة وقت البطاريات و زيد المدى و رُفِعت السرعة تحت الماء إلى ١٨ عقدةِ، أي أسرع بـ ١٠ عقدِ من أي غواصة عُرفت قبل ذلك. حُسِّنَ عمقِ الغوص بشكل كبير. إلا إن هذه الغواصة دخلت الخدمة متأخرة جدا قبل نهاية الحرب (٢٧) و (٢٨).



شكل (٢٧ ) مخطط الغواصة الألمانية u21



شكل (٢٨ ) مخطط تفصيلي للغواصة الألمانية u21

تشبه الغواصات الحديثة شكل السيجار حيث ظهر هذا التصميم في الغواصات الأولى و يسمى أحيانا هيكل الدمعة **( Teardrop Hull)**. هذا التصميم يقلل من الإعاقة الهيدروديناميكية **( Drag)** لكنه يقلل من قابلية الطفو **( Seakeeping )** ويزيد من الإعاقة أثناء الطفو. شكل (٢٩).

شكل (٢٩) الغواصة الحديثة **HMS Astute** مثال عن تصميم "الدمعة".

في الغواصات الحديثة يغطى الهيكل بطبقة من المطاط الممتص للصوت أو الألواح المصنوعة من مواد خاصة لتقليل كشفها.

الشكل الكروي لهيكل الضغط في الغواصة **DSV Alvin** استعمل بدلا من الاسطواني لأنه يتحمل ضغوط أعلى وبالتالي إمكانية نزول عمق اكبر شكل (٣٠).

شكل (٣٠) صورة الغواصة الفن

### ٣-٢ أنواع الهيكل

الغواصات الحديثة كما هو الحال في الغواصات الأولى تمتلك هيكل مفرد واحد ( **Single Hull**). الغواصات الكبيرة عامة تمتلك هياكل إضافية للأقسام الخارجية للغواصة. الهيكل الخارجي كما ذكرنا سابقا هو الذي في حقيقته يشكل الشكل الخارجي للغواصة ويسمى الهيكل الخارجي ( **Outer Hull**) او الهيكل الخفيف ( **Light Hull** ) حيث انه لا يمتلك مقاومة أو تحمل ضد الضغوط العالية أما الهيكل الداخلي و يسمى هيكل الضغط ( **Pressure Hull** ) فإنه مصمم لتحمل ضغط الماء حيث يكون الضغط داخله مساوي لضغط المحيط الخارجي الطبيعي.

منذ الحرب العالمية الأولى أدرك المصممون إن الجمع بين الشكل الأمثل لتحمل الضغط مع الشكل الأمثل الأقل إعاقة أو الأكثر قابلية للطفو غير ممكن إضافة إلى صعوبات بناء الهيكل وتعقيداته. كان الحل يستدعي التضحية بأحد الأمرين او استعمال هيكلين ، داخلي لتحمل الضغط وخارجي للحصول على الشكل الأمثل ، و حتى نهاية الحرب العالمية الثانية كانت الغواصات تمتلك هياكل جزئية إضافية في الأعلى والمقدمة والمؤخرة مصنوعة من فولاذ قليل السمك تمتلئ بالماء عند الغوص.

ذهب الألمان بعيدا في تصميم الغواصة **u21** الذي يمثل التصميم الأمثل والريادي للغواصات الحديثة، حيث كان هيكل الضغط محتوى بصورة كلية داخل الهيكل

الخارجي المصمم بشكل امثل للعمل تحت الماء على خلاف التصاميم الأولى المصممة للعمل على السطح.

بعد الحرب العالمية الثانية غير الروس تصاميمهم واعتمدوا التطويرات الألمانية فكانت جميع الغواصات السوفيتية تبني بهيكل ثنائي ( **Double Hull** ) ، الأمريكان ومعظم الدول الغربية اعتمدوا الهيكل المفرد واستمروا باستخدام مقاطع الهيكل الخفيفة في المقدمة والمؤخرة التي تحوي خزانات الغطس بالإضافة إلى إعطاء الغواصة الشكل المثالي. لكن بقي الهيكل الداخلي ذو مقطع اسطواني من طبقة مفردة من الألواح المعدنية. الهياكل الثنائية بدأت تظهر في التصاميم المستقبلية للغواصات الأمريكية لتطوير سعتها ومداها.

كذلك هناك غواصات تملك أكثر من هيكلين مثل الغواصة تايفون التي تملك هيكلي ضغط رئيسيين وثلاثة اصغر احدهما غرفة القيادة وغرفة طوربيدات وغرفة محركات التوجيه مع نظام إطلاق صواريخ يقع بين الهياكل الرئيسية. شكل ( ٣١).

شكل (٣١) صورة لنموذج الغواصة السوفيتية تايفون

### ٣-٢-١ هيكل الضغط :

يصنع هيكل الضغط من فولاذ سميك عالي المقاومة مع تصميم معقد لتحمل الضغوط الكبيرة في الأعماق ، من مشاكل تصميم الغواصة هو عند الحاجة لتحقيق عمق غوص كبير فعندها يتطلب ذلك زيادة سمك الهيكل ، وهذه الزيادة تسبب زيادة وزن

الغواصة وبالتالي تؤثر تلك الزيادة على حجم المعدات والأسلحة التي تستطيع الغواصة حملها بسبب محدودية الوزن. ربما يكون هذا مقبولا في غواصات البحوث المدنية ولكنه غير مقبول في العسكرية.

غواصات الحرب العالمية الأولى صُنعت من الحديد الكربوني وبعمق أقصى يصل إلى ١٠٠ متر ، خلال الحرب العالمية الثانية تم إدخال الفولاذ السبائكي عالي المقاومة مما سمح بزيادة العمق إلى ٢٠٠ متر ، استمر استعمال فولاذ عالي المقاومة كمادة أولية في صناعة الغواصات لحد اليوم مع عمق يتراوح بين ٢٥٠ – ٤٠٠ متر. و لزيادة هذا الحد بنيت بعض الغواصات من التيتانيوم.

التيتانيوم أقوى من الفولاذ واخف وغير مغناطيسي وهو أمر مهم لأجل الاختفاء. غواصات التيتانيوم بنيت أولا من قبل الاتحاد السوفيتي الذي طور سبائك خاصة عالية المقاومة وأنتج عدة أنواع منها . سبائك التيتانيوم سمحت بزيادة العمق وظهرت الحاجة لتطوير أنظمة الغواصة لتتلاءم مع الأعماق الجديدة لذلك وصل العمق الاختباري إلى ١٠٠٠ متر للنوع كومسومولينز **K-278** ، في نوع ألفا نجح التصميم في العمل حتى عمق ١٣٠٠ متر مع ملاحظة إن العمل المستمر في هكذا أعماق يولد جهود عالية على أنظمة الغواصة المختلفة. يمتاز التيتانيوم بانه غير مرن كمرونة الفولاذ وربما يصبح قصف خلال دورات الغوص المختلفة وبالرغم من مزاياه فان كلفته العالية أدت إلى توقف استعماله مع نهاية الحرب الباردة.

الغواصات المدنية تستعمل أحيانا هيكل ضغط مصنوع من زجاج سميك وتعد الغواصة شينكاي **Shinkai** الأعمق غوصا حيث تستطيع الوصول إلى عمق ٦٥٠٠ متر. يعد بناء هيكل الضغط من الأمور الصعبة حيث يجب أن يتحمل ضغط العمق المطلوب العمل فيه. عندما يكون الهيكل ذو مقطع دائري مثالي التصنيع فان الضغط يتوزع بتجانس مسببا قوى ضغط فقط. إذا كان الشكل غير مثالي فان الهيكل سينحني في عدة نقاط مسببا تمركز الاجهادات. لمنع حصول الهطول في جدار الهيكل تستعمل حلقات عالية المقاومة بسمكل يصل إلى ٢٥ ملم تقلل من الهطول بنسبة ٣٠% من الهطول الأكبر عند التحميل الأعلى عند الغوص. لذلك فان الهيكل يجب أن يبنى بدقة عالية وجميع الأجزاء يجب أن تلحم بدون عيوب كما إن جميع المفاصل الملحومة يجب أن تفحص عدة مرات وبطرق مختلفة مما يجعل كلفة الغواصة عالية

( على سبيل المثال تكلف الغواصة الهجومية نوع فيرجينيا **Virginia** ٢,٦ بليون دولار أمريكي أي أكثر من ٢٠٠,٠٠٠ دولار لكل طن إزاحة ) كل (٣٢)و(٣٣).

شكل (٣٢) صورة تبين ورشة عمل الغواصة الفرنسية سكوربيون وعملية تصنيع هيكل الضغط باللحام.

شكل (٣٣) الغواصة السويدية جوتلاند اثناء التجميع

### ٣-٣ نظام الدفع

في البداية استعملت القوة البشرية في عملية الدفع. نظام الدفع الميكانيكي استعمل أول مرة من **French plorgeur** عام ١٨٦٣م . شكل (٣٤).

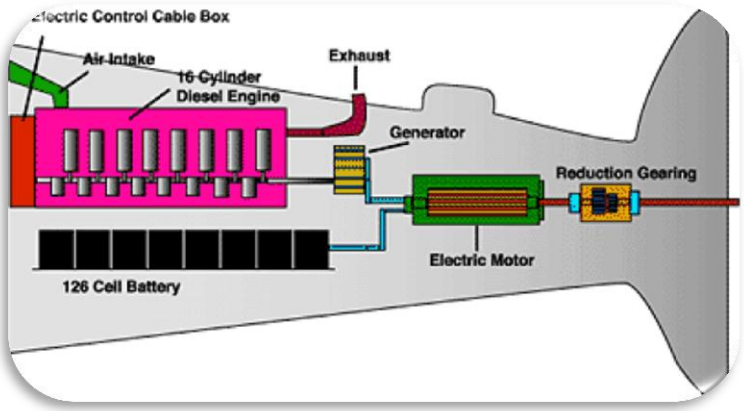
شكل (٣٤) صورة لنموذج يمثل الغواصة الأولى حيث كانت تدار وتدفع بالقوة البشرية

لحين اكتشاف نظام الدفع البحري النووي معظم غواصات القرن العشرين استعملت البطاريات للعمل تحت الماء و الكازولين أو محركات الديزل للعمل على السطح و لشحن البطاريات.

الغواصات الأولى استخدمت وقود الكازولين لكنها استبدلته بالكيروسين ومن ثم الديزل لانه اقل قابلية على الاحتراق . نظام الكهرباء-الديزل أصبح الوسيلة الشائعة للدفع. تم وصل محرك الديزل والمحرك الكهربائي بنظام ربط وفصل **(Clutch)** حيث ابتداءً استعملا نفس العمود لتدوير المروحة. سمح ذلك للمحرك بدفع الغواصة و بتدوير المحرك الكهربائي كمولد لشحن البطاريات في الوقت نفسه.

الفاصل بين المحرك الكهربائي والماكنة صمم عند غوص الغواصة بحيث يستطيع المحرك الكهربائي دفع الغواصة دون تدوير المحرك، كما صمم المحرك ليعمل بسرع بطيئة وسريعة.

كما طور النظام بعد ذلك بوضع مولد الديزل مع المحرك الكهربائي بحيث يعمل المولد بأقصى طاقته لشحن البطاريات وفي نفس الوقت يغذي المحرك الكهربائي الذي يدور مروحة الدفع. وبذلك أصبح بالإمكان السيطرة على سرعة المحرك دون التأثير على سرعة المولد وطاقته. شكل (٣٥).

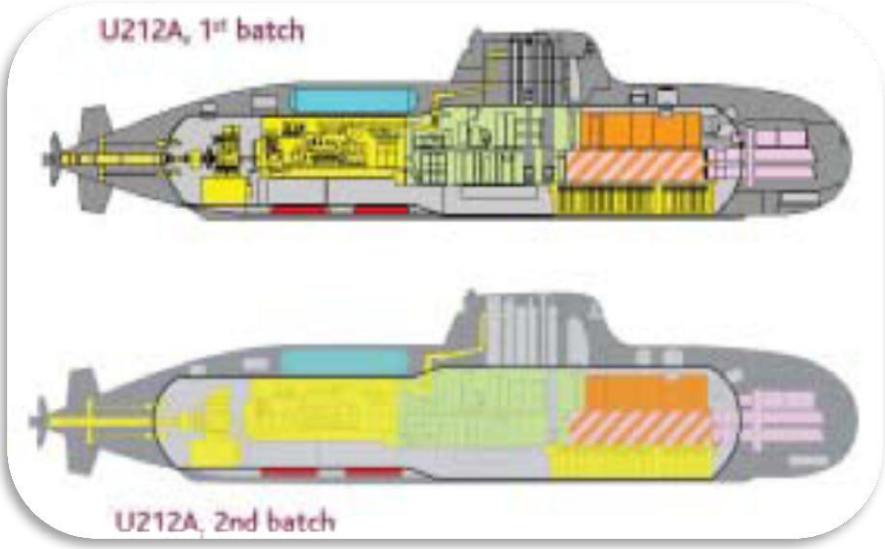



شكل (٣٥) تخطيط يظهر اجزاء نظام الدفع (ديزل – كهرباء).

### ٣-٣-١ نظام الدفع اللاهوائي AIP

خلال الحرب العالمية الثانية طور الألمان الغواصة **u21** التي صممت لتحمل خزانات من بيروكسيد الهيدروجين لتعمل تحت الماء لفترة طويلة دون الحاجة إلى الهواء ولكن بسبب خطورته وصعوبة إنتاجه وكلفته العالية استبدل الألمان النظام ببطاريات كبيرة جدا. بعد نهاية الحرب العالمية الثانية أعاد الروس والبريطانيين اختبار محركات ( الكيروسين+ الديزل) والتي من الممكن استخدامها فوق وتحت الماء. وكانت النتائج غير مشجعة وبالرغم من ذلك دشن الروس صنف من الغواصات يعمل بهذا النظام إلا أنها كانت غير كفوءة.

حاليا عدة قوى بحرية تستعمل أنظمة الدفع اللاهوائي ، السويديون أدخلوا النظام على غواصاتهم **Gotland** و **Sodermanland** حيث استعملوا محرك يعمل بخليط الديزل و الأوكسجين السائل. التطوير الأحدث هو استعمال خلايا وقود الهيدروجين حيث استعملت لأول مرة مع الغواصة الألمانية **Type 212** مع تسعة خلايا **34KW** أو اثنتين حجم **120 KW** و كذلك استعملت في الغواصة الاسبانية نوع **S-80**. شكل (٣٦)و(٣٧).



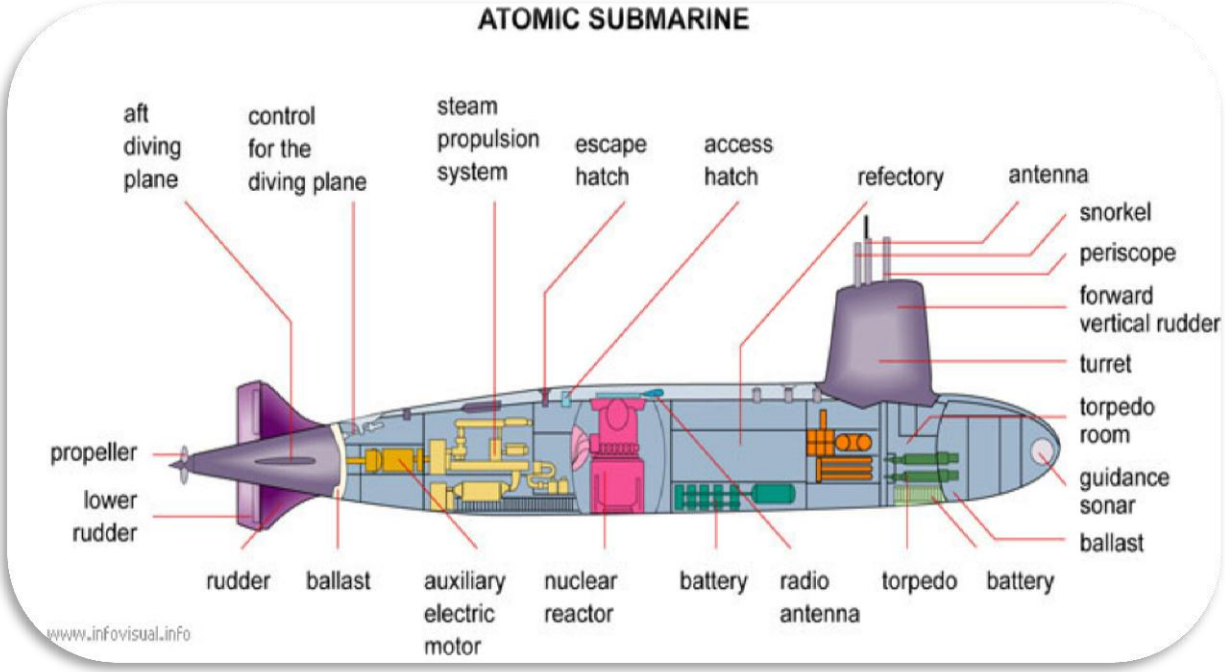

شكل (٣٦) مخطط للغواصة الألمانية **Type 212** بنوعيها.

شكل (٣٧) الغواصة السويدية جوتلاند اثناء نقلها

### ٣-٣-٢ نظام الدفع النووي

يستعمل هذا النظام مفاعل نووي صغير يسمح بتوليد كمية كهرباء كبيرة تتيح للغواصة الاستفادة منها لتشغيل المحرك الكهربائي وتشغيل أنظمة الغواصة الأخرى.

يستعمل هذا النظام كمية بسيطة من وقود اليورانيوم تكفي لتشغيل الغواصة لسنوات دون إعادة الشحن بالوقود. و نتيجة هذه الوفرة من الطاقة الكهربائية والعمر الطويل للوقود فان الغواصات النووية تستطيع القيام بمهمات طويلة وبعيدة تطول لشهور دون الحاجة إلى الطفو مرة أخرى حيث يتم توليد الأوكسجين للتنفس داخل الغواصة. شكل (٣٨).




شكل (٣٨) مخطط لغواصة نووية يظهر الاجزاء الرئيسية حيث يصمم البرج قريبا من المقدمة بينما يكون المفاعل في وسط الغواصة بعيدا عن غرف البحارة ومركز القيادة.

### ٤-٣ تقنيات الغوص والتعمق

مبدئيا هناك طريقتين لذلك ، الطريقة الساكنة **( Static diving )** و الطريقة الحركية **( Dynamic diving )**.

الغواصة العسكرية العصرية تستخدم الطريقتين في الغوص فهي تغوص بملء خزانات الغوص الرئيسية بالماء وبعد ذلك يتم ضبط العمق بدقة بواسطة استخدام خزانات عمق **(Trimming tanks )** تملئ بالماء تدريجيا لزيادة وزن الغواصة وصولا إلى العمق المطلوب بالإضافة إلى استخدام أجنحة للسيطرة على عمق الغواصة. سنبدأ بشرح الطريقة الساكنة لأنها الأكثر أهمية.

### ٣-٤-١ الطريقة الساكنة:

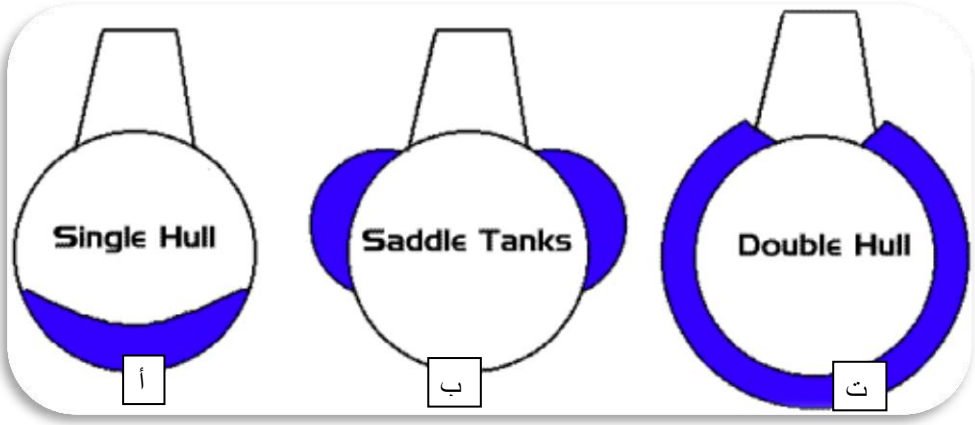
حالة الطفو للغواصة من الممكن أن تتغير بواسطة إدخال الماء إلى خزانات الغطس الرئيسية **(MBT)** التي توضع بثلاث طرق مختلفة :

أ- داخل هيكل الضغط.

ب- خارج هيكل الضغط كخزانات إضافية.

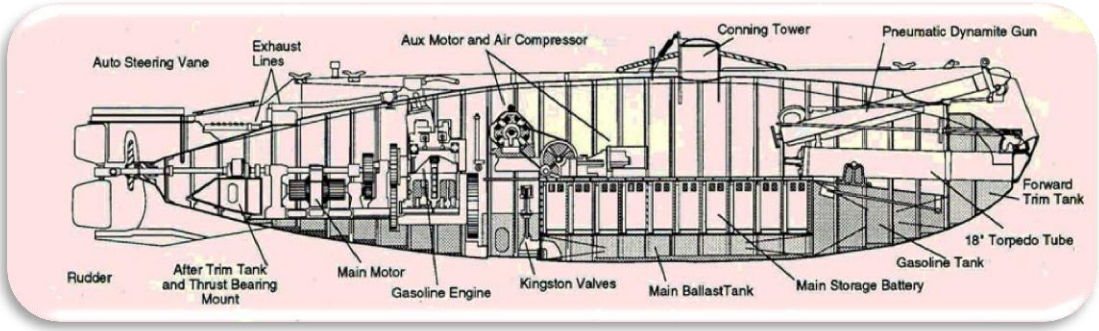
ت- بين الهيكلين الخارجي وهيكل الضغط.

انظر الشكل (٣٩).



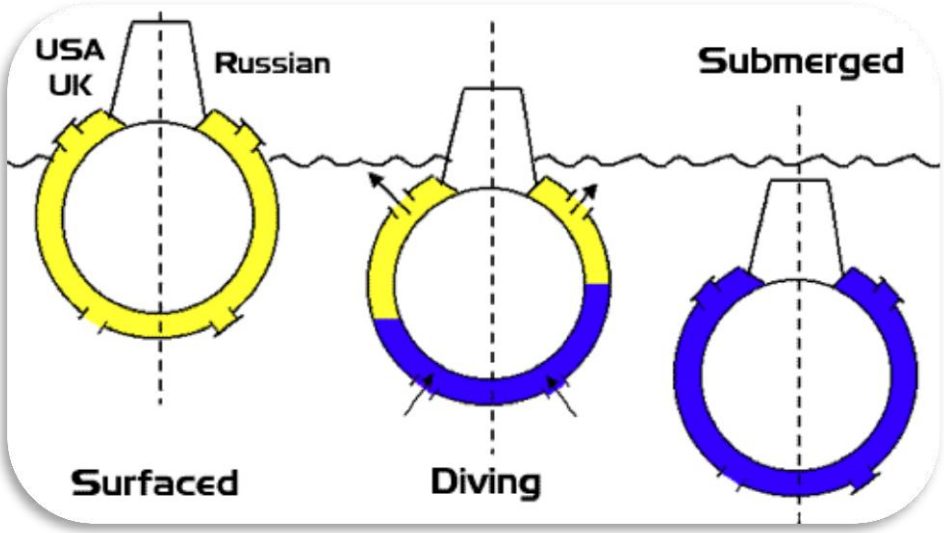

شكل (٣٩) صورة تظهر الأنواع الثلاثة.

وضع **MBT** داخل هيكل الضغط غير مرغوب لأنه يحتل مساحة من الهيكل من الممكن استغلالها لوضع المعدات والأسلحة أو حمل الأشخاص. هذا التصميم استخدم في الحرب العالمية الأولى وما سبقها. شكل (٤٠)

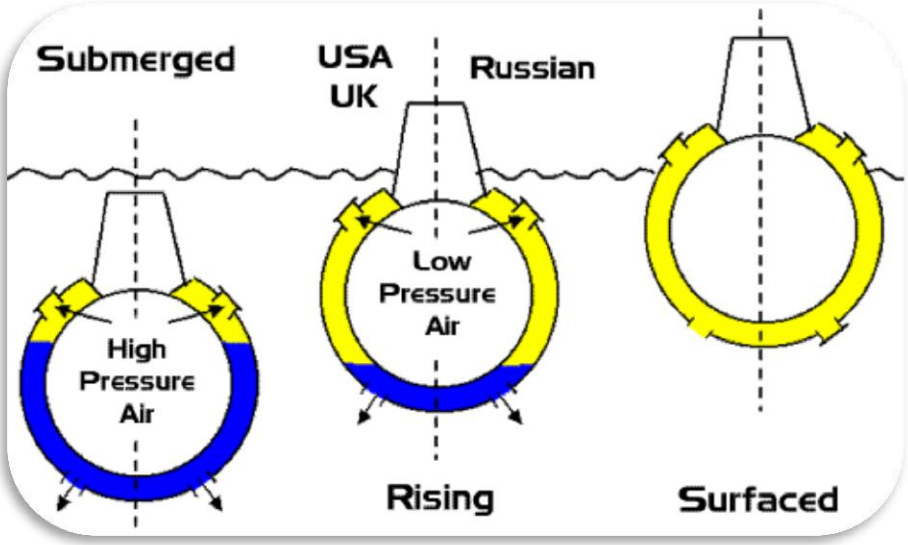



شكل (٤٠) مخطط الغواصة هولاند أول غواصة للبحرية الأمريكية عام ١٩٠٠ م حيث وضعت خزانات الغطس داخل بدن الغواصة

استعمل النوع الثاني من التصميم في غالبية غواصات الحرب العالمية الثانية حيث تم وضع الـ **MBT** خارج خزانات الضغط بدءا من الغواصة الألمانية نوع **VIIC** انتقالا إلى صنوف الغواصات الأمريكية . سميَّ هذا النوع من التصميم **Saddle tank**. معظم الغواصات الحديثة تستعمل النوع الثالث بوضع الـ **MBT** بين الهيكل الخارجي والداخلي. هناك طريقتين مختلفتين لملئ وتفريغ الـ **MBT** ، الطريقة الغربية ( مستعملة في أمريكا وبريطانيا ) والطريقة الروسية . مع ملاحظة ان الطريقة الروسية ليست حصرا بالروس حيث استعملت على سبيل المثال في الغواصة الألمانية نوع دولفين. شكل (٤١) و (٤٢) يبينان الفروق بين الطريقتين ، الجانب الأيسر من مقطع الغواصة يظهر الطريقة الغربية بينما الجانب الأيمن يظهر الطريقة الروسية.




شكل (٤١) من اليسار إلى اليمين يوضح الشكل مراحل الغوص بكلا الطريقتين الروسية والغربية.




شكل (٤٢) من اليسار الى اليمين يوضح الشكل مراحل العوم بكلا الطريقتين الروسية والغربية.

عند طفو الغواصة تكون **MBT** مملوءة بالهواء والصمامات الرئيسية في أعلاها مغلقة، في الطريقة الغربية تكون بوابات الملىء في أسفل الـ **MBT** مفتوحة دائما ولكن الماء لا يستطيع الدخول بسبب وجود هواء مضغوط داخلها بمقدار ضغط ( **10 psi =1.47 kpa)** .

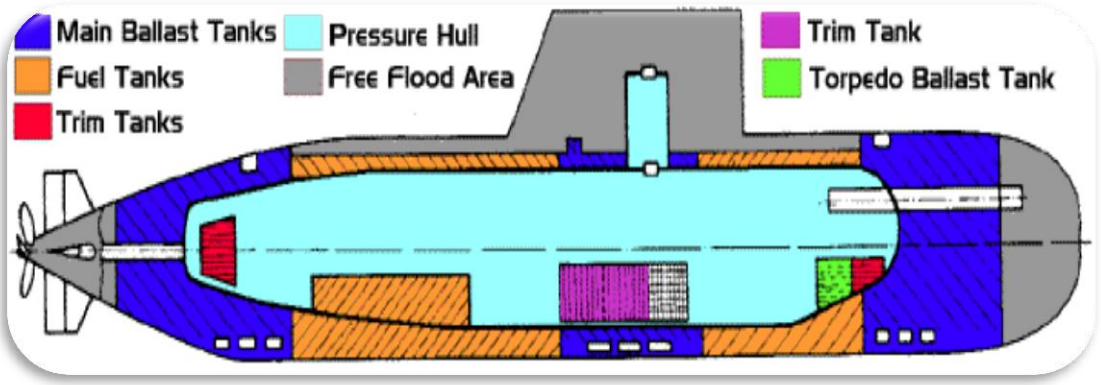
في الغواصات الروسية تكون بوابات الملء مغلقة بواسطة صمامات تسمى كنجستون ، حيث تمنع هذه الصمامات دخول الماء إلى الخزانات وبالتالي فان ضغط الهواء داخلها مساوي بالضبط لضغط الهواء الخارجي. عند الغوص تفتح الصمامات في أعلى خزانات الغطس سامحة للهواء بالخروج ، و بسبب استعمال الغواصات الغربية الهواء المضغوط فان الهواء يندفع بقوة من الصمامات محدثا نافورة كبيرة من الماء ( انظر الشكل ٤٣).

شكل (٤٣) الغواصة الأمريكية لوس انجلوس أثناء الغطس.

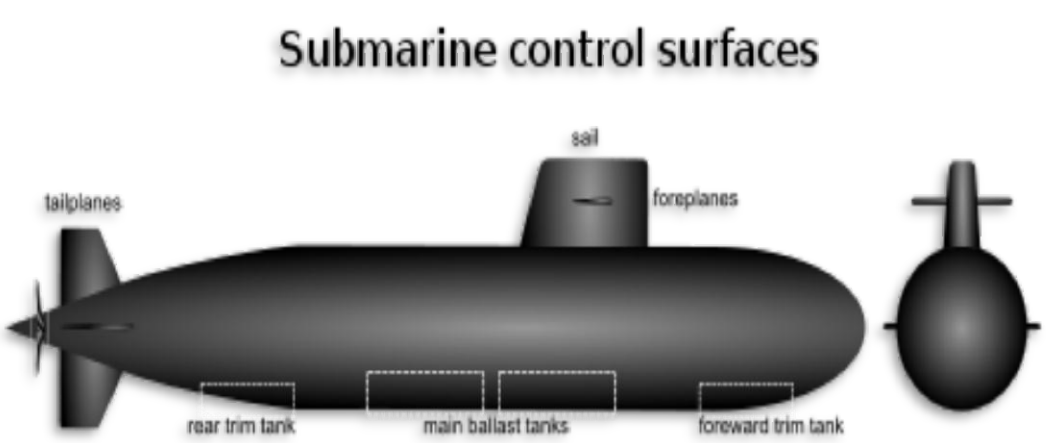
في التقنية الروسية فان صمامات كينجستون في أسفل الـ **MBT** تفتح للسماح بالماء بالدخول إلى **MBT**. حيث تمتلئ بسرعة أعلى من طريقة التقنية الغربية.

لطفو الغواصة يتم طرد الماء من الـ **MBT** باستعمال الهواء المضغوط. عندما تغوص الغواصة إلى أعماق كبيرة يتم استعمال هواء مضغوط بضغط كبير للتغلب على ضغط الماء المحيط. بينما عندما تكون قريبة من السطح يتم استخدام هواء بضغط منخفض لإفراغ الـ **MBT**.

بعدها يتم في الغواصات الروسية غلق صمامات كينجستون وتفتح الصمامات العلوية بصورة بطيئة لمعادلة الضغط داخل الـ **MBT** مع المحيط الخارجي. في الغواصات الغربية تبقى الصمامات العلوية مغلقة لتحتفظ بالهواء داخل الـ **MBT** تحت ضغط منخفض ليعاد تكرار استعماله في عملية الغطس التالية.




شكل (٤٤) يظهر موقع الـ **MBT** في غواصات الديزل الكهربائية .




شكل (٤٥) يظهر توزيع آخر لمواقع الـ **MBT** في غواصات الديزل الكهربائية .

خزانات **MBT** توضع في مقدمة ومؤخرة الغواصة بالإضافة إلى خزانات غطس صغيرة موزعة حول هيكل الضغط في مركز الغواصة. الجزء الأكبر من الحيز الموجود بين هيكل الضغط والهيكل الخارجي يستغل ليصبح خزان للوقود. شكل (٤٤) و (٤٥).

من المهم أن تعرف إن الـ **MBT** تستعمل فقط لتغير حالة الطفو للغواصة من حالة الطفو الموجب العالي إلى حالة الطفو الحرج حيث تكون الغواصة شبه طافية في وضع وسط بين الطفو والغوص ( حيث لا يظهر من الغواصة سوى الجسر والبرج ).

يتم الحصول على العمق الأكبر للغواصة باستعمال ما يسمى خزانات العمق الرئيسية **( Main Trimming Tank ) (MTT)** حيث توضع عادة في مركز الغواصة ، في حين إن الـ **MBT** تملئ كليا بالماء فان الـ **MTT** تملئ بحرص لحين وصول الغواصة إلى العمق المرغوب. تعتمد كمية الماء الموجودة في الـ **MTT** على أمور كثيرة منها على سبيل المثال نسبة الملوحة ودرجة حرارة الماء ، عملية السيطرة على العمق عملية مستمرة بسبب تغير وزن الغواصة المستمر كما في غواصات الديزل الكهربية حيث يستهلك وقود الديزل من الخزانات بالإضافة إلى استهلاك طاقمها للطعام والمؤن وهكذا فان وزن الغواصة يقل باستمرار خلال مهمة الغواصة وبالتي فان كمية الماء في الخزانات يجب أن تزداد لمعادلة ذلك النقص الحاصل.

كذلك تتغير كثافة الماء المحيط كما في المناطق القريبة من مصبات الأنهار في البحار حيث يختلط ماء النهر بماء البحر المالح مسببا تغيرا في تركيز الملح وتغيرا في كثافة الماء.

كما تحوي الغواصات العسكرية على خزانات موازنة خاصة موضوعة قريبة من غرفة الطوربيدات حيث تملئ هذه الخزانات عند إطلاق الطوربيدات لمعادلة النقص الحاصل في الوزن.

يتم ضبط مستوى الماء في الـ **MTT** بواسطة مضخات عالية الضغط بدلا من استخدام الهواء المضغوط لأنه يسبب ضوضاء أعلى بكثير من صوت المضخات. بعض خزانات الـ **MTT** يمكن تفريغها بالهواء المضغوط للحصول على تفريغ سريع للطفو عند الضرورة.

عند وصول الغواصة إلى العمق المطلوب يبقى من المهم أن تبقى الغواصة متزنة بصورة أفقية ويتم انجاز ذلك بتزويد الغواصة بزوج من خزانات العمق يوضع إحداها في المقدمة والآخر في المؤخرة . يربط الزوجان بأنبوب ناقل مع مضخات تستطيع نقل الماء من الخزانات الأمامية إلى الخلفية ذهابا وإيابا لموازنة الغواصة والحصول على زاوية أفقية مستقرة.

من الملاحظات الإضافية وكما يظهر في الشكل (٢٢) فان الغواصات الحربية تمتلك حيزا كبيرا يملى بالماء بصورة طبيعية عند الغوص **(Free Flooded)** وذلك لتقليل حجم خزانات الغوص.

### ٣-٤-٢ الغوص الحركي

عندما تصل الغواصة إلى العمق المطلوب بواسطة خزانات العمق فانه يتم السيطرة على العمق بواسطة الأجنحة الهيدروديناميكية **(Hydrodynamic planes)** ، للاستفادة من الأجنحة المائية فان الغواصة بحاجة للحركة بسرعة لتوليد قوة على الجناح المائل ( الأمر شبيه بجناح الطائرة ). عند السرع البطيئة تستعمل الأجنحة المائية حصرا للحفاظ على العمق المطلوب.

توضع الأجنحة الأمامية في الهيكل قريبا من المقدمة أو على البرج . توضع أجنحة المقدمة على مسافة جيدة من مركز ثقل الغواصة مما يجعلها أكثر دقة في السيطرة على العمق. ولكن من مميزات وضع الأجنحة على البرج الآتي:

(أ) تحسين كفاءة جهاز السونار الموضوع عادة في المقدمة بسبب كون الأجنحة تسبب ضوضاء تؤثر على فعاليته.

(ب) أجنحة المقدمة من الممكن أن تتضرر عند رسو الغواصة في الميناء.

أما مساوئها فهي:

(أ) إن مسننات ومحرك التشغيل سوف يحتل حيزا من البرج المخصص أصلا لوضع صواري أجهزة المراقبة والاتصال وغيرها من الأجهزة.

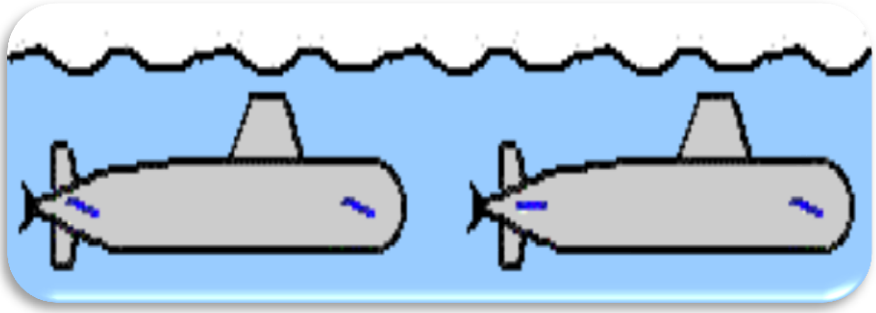
(ب) تقل كفاءة عملية كسر الجليد.

(ج) عند عمق المنظار تكون الأجنحة قريبة جدا من السطح مسببة تيارات مضطربة تؤثر على كفاءتها.

(د) تكون أجنحة البرج قريبة من مركز الثقل مما يجعلها اقل تأثيرا.

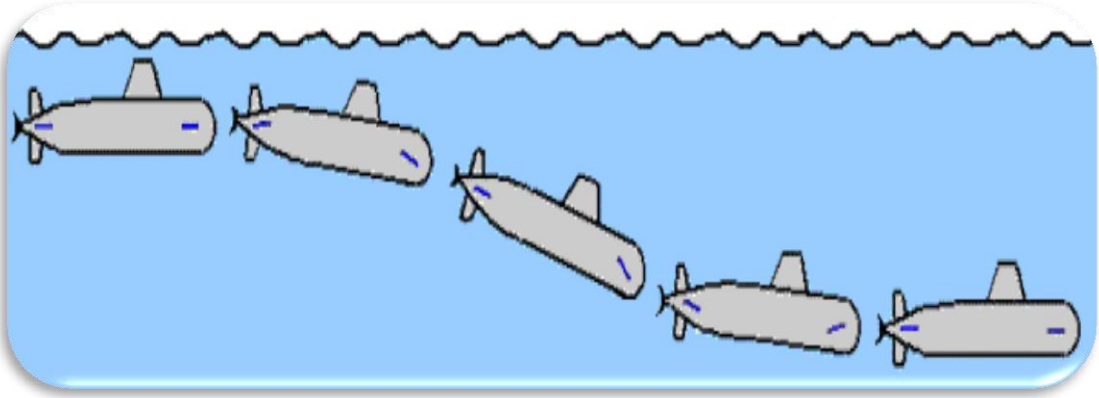
لذلك نلاحظ عند تطوير صنف الغواصات الأمريكية ( لوس انجلوس ٦٨٨١ ) تم إعادة وضع الأجنحة عند المقدمة بدلا من البرج.

عندما تزداد السرعة أعلى من ( ١٢ عقدة ) تنتفي الحاجة إلى الأجنحة الأمامية للسيطرة في العمق. وبسبب الضوضاء المتولدة من الأجنحة الأمامية ( الضوضاء تعمل على كشف الغواصة لأجهزة العدو ) تستطيع كثير من الغواصات طوي الأجنحة عند السرع العالية.



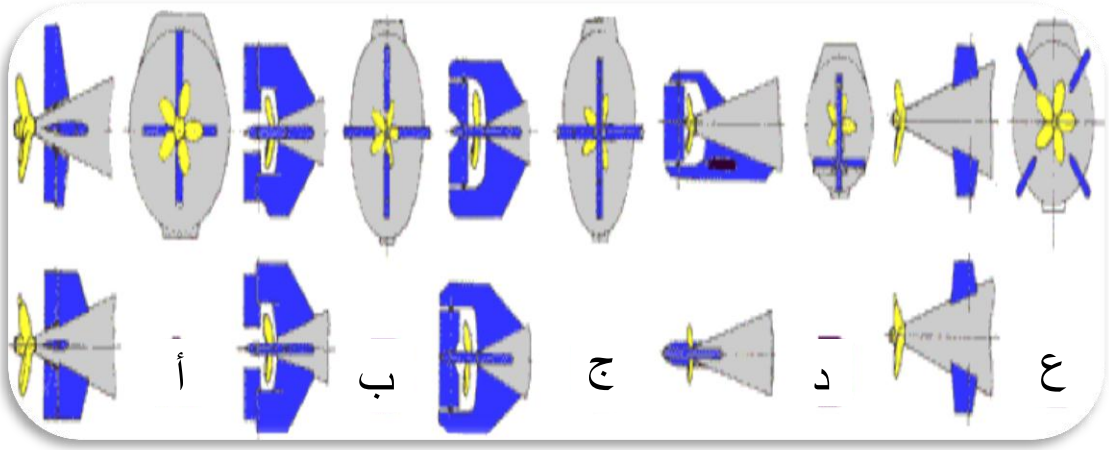
الشكل (٤٦) يظهر كيف تعمل أجنحة المقدمة والمؤخرة أثناء التعمق

عند بداية التعمق فان أجنحة الذيل تدور إلى الأعلى مسببة ارتفاع الذيل إلى الأعلى. بينما أجنحة المقدمة تدور إلى الأسفل مولدة قوة دافعة على مقدمة الغواصة باتجاه الأسفل شكل (٤٦). خلال الغوص فان أجنحة الذيل تستقر بصورة أفقية ويتم ضبط العمق بواسطة أجنحة المقدمة فقط شكل (٤٧).



الشكل (٤٧) يظهر كيف تعمل أجنحة المقدمة والمؤخرة للغوص عميقا

## ٣-٥ أجنحة الذيل:




شكل (٤٨) يوضح أوضاع تثبيت أجنحة الذيل في الغواصات العسكرية.

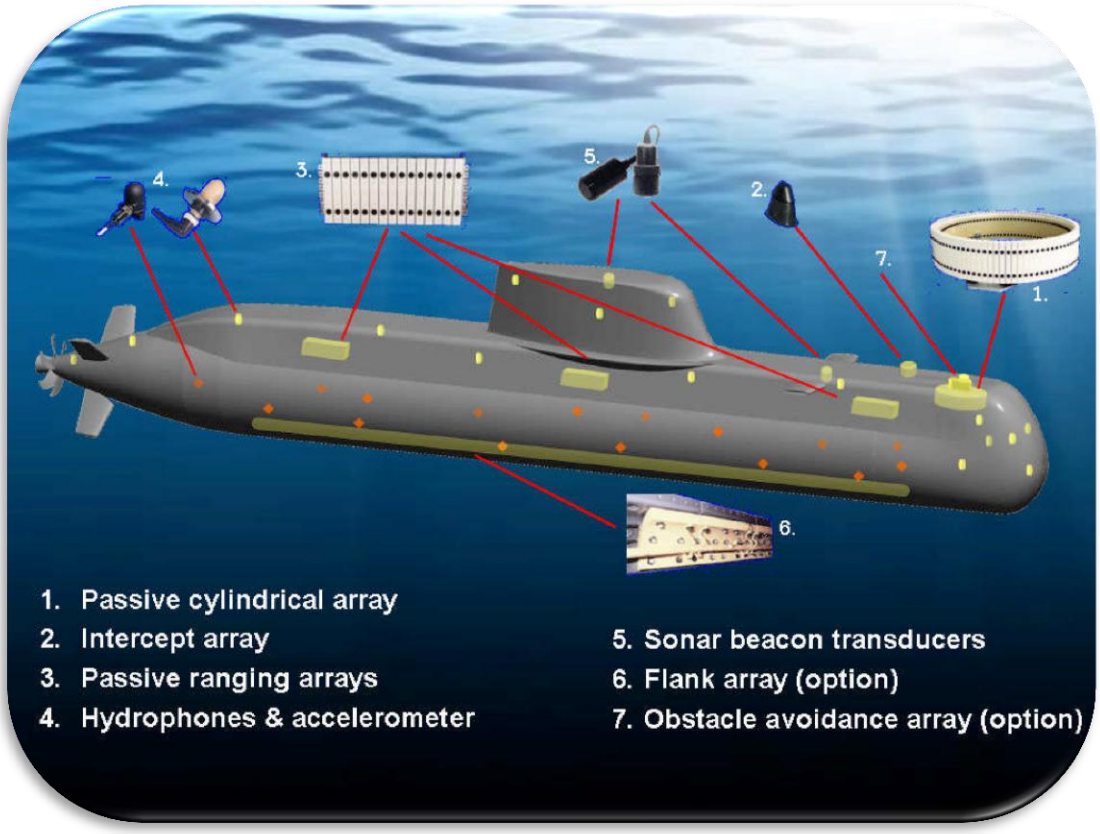
يستخدم نوع (أ) في كثير من الأنواع الحديثة. أجنحة الذيل توضع أمام المروحة. لاحظ إن شفرات الدفة لها أحجام مختلفة شكل (٤٨). الشفرة السفلى اصغر من العليا مما يمكن الغواصة من الاستقرار في قاع البحر بدون إضرار الدفة. نوع (ب) و (ج) لها أجنحة خلف المروحة. استعمل هذ التصميم في الغواصات القديمة وما زال يستعمل في الغواصة الروسية **Tango** ثنائية المراوح وانواع من الغواصات الهندية. التصميم (د) يمتلك دفة خلف المروحة بين تكون اجنحة الغوص أمامها ، النوع (ع) يمتلك أجنحة ذيل مائلة بزاوية ٤٥ درجة لذلك يسمى نوع **X** . في هذا النوع الأخير لا فرق بين الدفة والأجنحة لذلك عندما تتحرك الغواصة يمينا ويسارا أو إلى الأعلى أو الأسفل تتحرك الزعانف الأربعة معا. في الأنواع سابقة الذكر فان الدفة وأجنحة الذيل تتحرك بواسطة نظام هيدروليكي من الممكن السيطرة عليه يدويا من قبل سائق الغواصة اما في نظام **X** فانه لا يمكن توجيه الغواصة بصورة صحيحة إلا من قبل نظام آلي مسيطر عليه بالحاسبة. استعمل نظام **X** في الغواصة الألمانية **Walrus** والسويدية **Vatergland** والاسترالية **Type 471**. شكل (٤٩).

شكل (٤٩) صور الغواصة الألمانية **Walrus** وهي في الحوض الجاف والثانية وهي تبحر.

### ٦-٣ المعدات الأخرى للغواصة

شكل (٥٠) صاروخ موجه يطلق من تحت سطح البحر

شكل (٥١ ) طوربيد اثناء تحميله للغواصة




شكل (٥٢) صورة توضيحية تبين مواقع اجهزة السونار و المتحسسات الأخرى.

# مبادئ التصميم

## ٤-١ مقدمة

يعتبر التصميم من الأعمال الهندسية المعقدة وخاصة بالنسبة للمعدات والمكائن الكبيرة لذلك فان تصميم الغواصة يمر بعدة مراحل تكمل إحداها الأخرى و تتعشق فيما بينها وتتطلب عملية التصميم لذلك مرونة وقابلية كبيرة في التخيل وحل المشاكل الهندسية للوصول إلى التصميم الأمثل. بطريقة مختصرة فان مرحلة التصميم يجب ان تمر بالمراحل التالية :

أ- وضع الفكرة الرئيسية والرؤية العامة للتصميم والهدف منه .

ب- وضع التصميم الأولي للغواصة :

وتطبيق المبادئ العلمية الأساسية مثل مراعاة نسبة طول الغواصة إلى قطرها والمبادئ الأخرى. بالإضافة إلى الاستفادة من الاطلاع على خبرات الدول الأخرى والتصاميم القديمة و والحديثة ودراستها للوصول إلى انتخاب التصميم الأنسب والأفضل.

ت- دراسة التصميم من قبل مهندسين اختصاصيين لدراسة التصميم من حيث قوة التحمل ودرجة الأمان التي يتمتع بها وإخضاع التصميم للدراسة والبحث النظري واستعمال الحاسوب الآلي والبرامج الهندسية المتطورة لتحليل الاجهادات الميكانيكية والحرارية على التصميم وتثبيت وتصحيح الأخطاء الموجودة فيه. وعمل نموذج مصغر وإخضاعه للفحوصات الهيدروديناميكية وغيرها.

ث- اختيار المعدات والمكائن والأجهزة المطلوبة لوضعها في الغواصة ودراسة تفاصيلها الدقيقة وإمكانية ملائمتها وإجراء التحوير الضروري والمطلوب على المعدة او التصميم لإحداث التوافق بينها.

ج-وضع التصميم الحاسوبي المجسم والمفصل للغواصة بأدق التفاصيل لمعرفة مدى توافق المعدات والأجهزة مع الحيز المتوفر في الغواصة وملائمة ذلك لتنقل البحارة وإجراء عمليات الإنقاذ والحفاظ على سلامة الطاقم.

في هذا الكتاب سنتناول الفقرة –أ- و –ب- وذلك لإمكانية عمل ذلك نظريا ولان الفقرات الأخرى عملية و تحتاج توفر فرق عمل من الباحثين والمهندسين.

### ٤-٢ الهدف من التصميم :

ويقصد به المتطلبات العسكرية من الغواصة هل هي متطلبات إستراتيجية أم تكتيكية وهل هي هجومية او مطاردة او حراسة او استطلاع وهكذا وهذه المتطلبات تختلف باختلاف الدول المصنعة لاختلاف عقائدهم العسكرية ورؤية كل جيش لمتطلباته الخاصة من سلاح الغواصات.

### ٤-٣ الرؤية العامة للتصميم :

على ضوء الفقرة السابقة يتم تحديد ما هو المطلوب من التصميم تحقيقه لكي يلتزم به المصمم ويعمل على تحقيقه أثناء عملية التصميم مثل :

أ- حجم حمولة المواد التي من المفترض أن تحملها الغواصة ويقصد بها هنا الوزن المتغير كالأسلحة ومواد التموين والوقود والمشاة المنقولين خلف خطوط العدو.

ب- حجم وأنواع الأسلحة المطلوب توفيرها للغواصة مثل عدد الطوربيدات وحجمها وان كانت هناك صواريخ وحجم الصواريخ وطريقة إطلاقها او نقل الألغام وعدد الألغام.

ت- الميزات التشغيلية المطلوبة من الغواصة مثل المدى الأقصى للإبحار و العمق الأقصى للغطس و الفترة الزمنية الأقصى للبقاء في البحر بدون تموين و القدرة القصوى للغواصة للغوص بدون الحاجة للطفو.

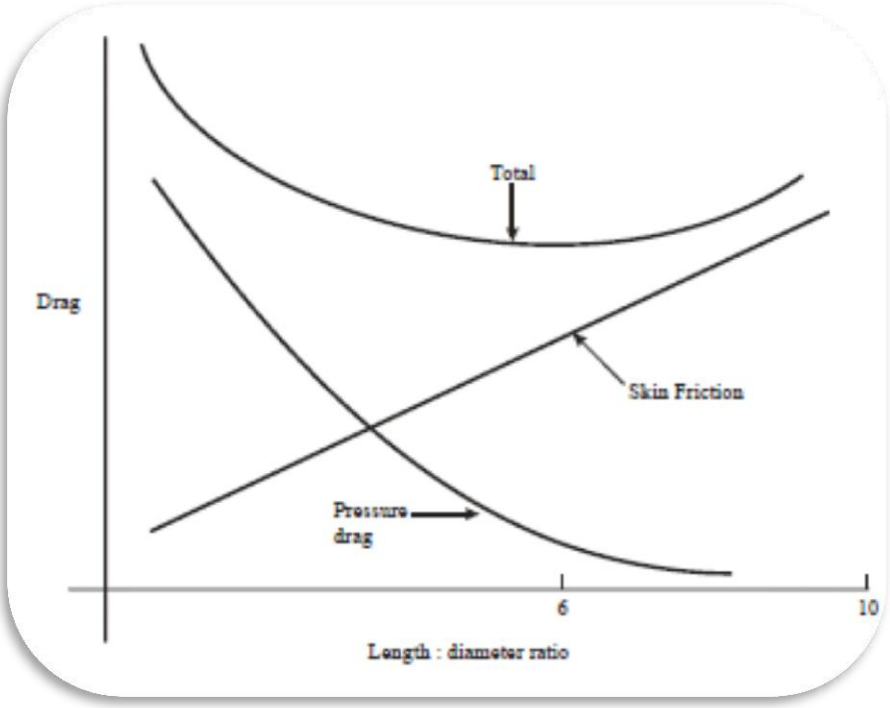
ث- إمكانية التصنيع من ناحية الكلفة ومن ناحية الإمكانيات الصناعية.

ج-نوع الطاقة المستعملة لتسيير الغواصة بطاريات، بطاريات ومولد ، بطاريات ومولد ومحرك ، محرك بالهواء المسال ، .. الخ.

١-بعض العناصر المهمة في التصميم الهيدروديناميكي للغواصة :

أ- ثابت الحجم : نسبة الطول الى العرض ، وهو ثابت مهم يؤثر على كمية الاعاقة ( Drag) التي من الممكن ان تنتج اثناء الحركة تحت الماء. شكل (

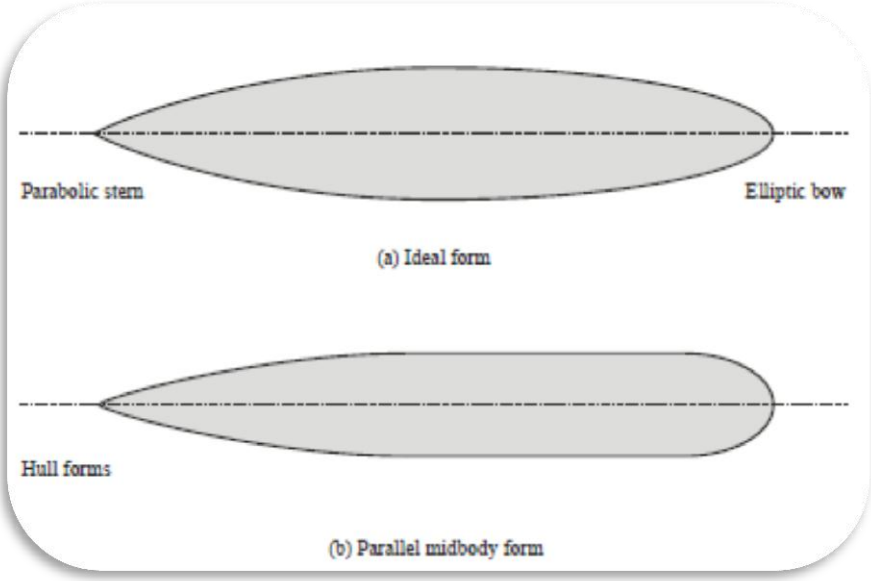
). زيادة الاعاقة تعني زيادة الخسارة في الطاقة لتحقيق السرعة المطلوبة اثناء إبحار الغواصة. شكل (٥٣).




شكل ( ٥٣ ) : العلاقة بين ثابت الحجم الى الاعاقة (Drag).

ب- خشونة السطح.

ت- معامل الموشورية ويمثل نسبة حجم نهايتي الغواصة الى حجم الازاحة الكلي للغواصة. شكل (٥٤).




شكل ( ٥٤) يمثل (a) الشكل المثالي لجسم الغواصة (b) الشكل الحالي لمعظم الغواصات.

ث- عدد الطوابق:

يحدد قطر الهيكل الداخلي عدد الطوابق التي من الممكن تصميمها داخل الغواصة ويبين الشكل (٥٥) العدد المثالي لعدد الطوابق نسبة لقطر الغواصة.

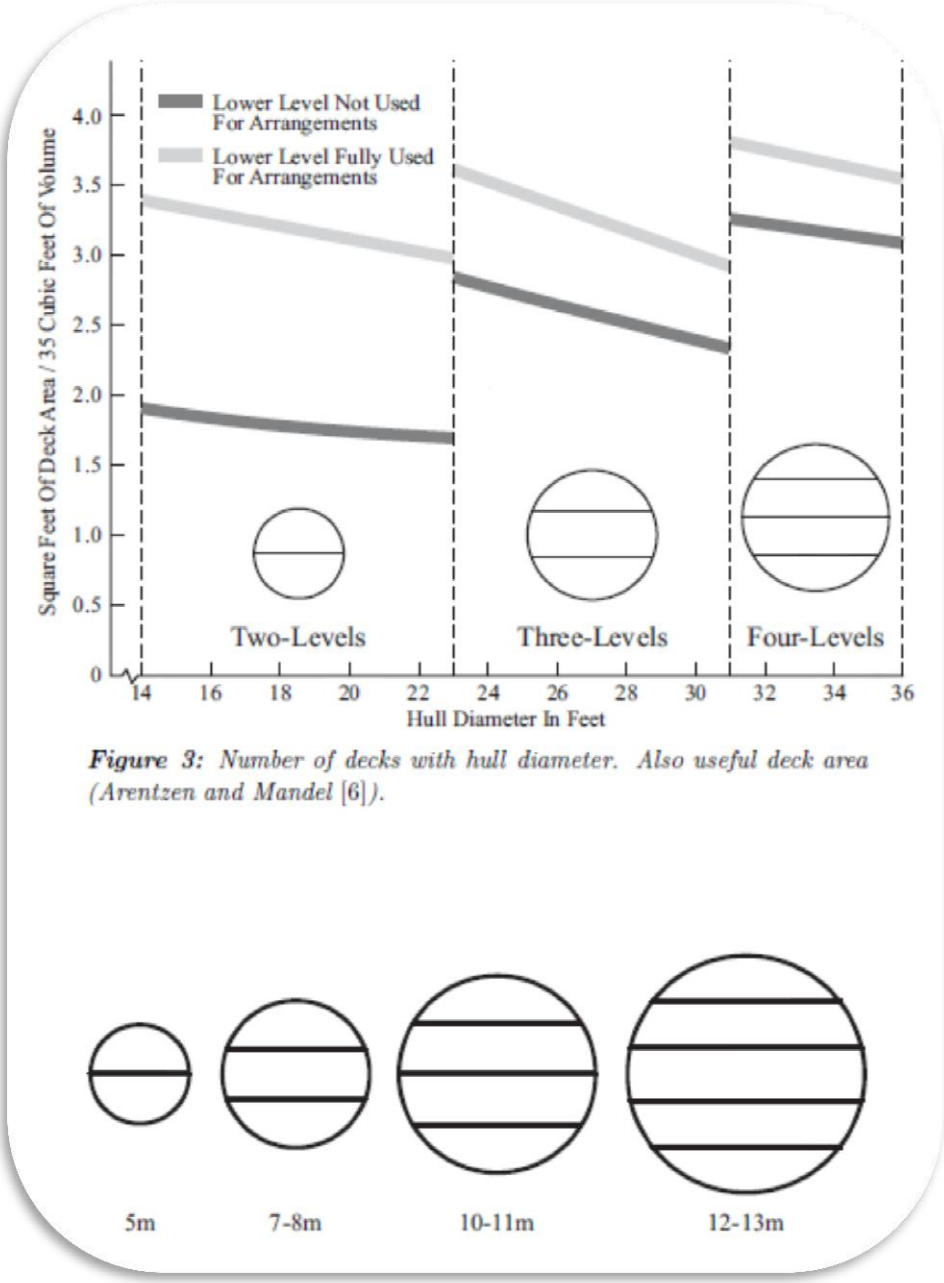



***Figure 3:*** *Number of decks with hull diameter. Also useful deck area (Arentzen and Mandel [6]).*



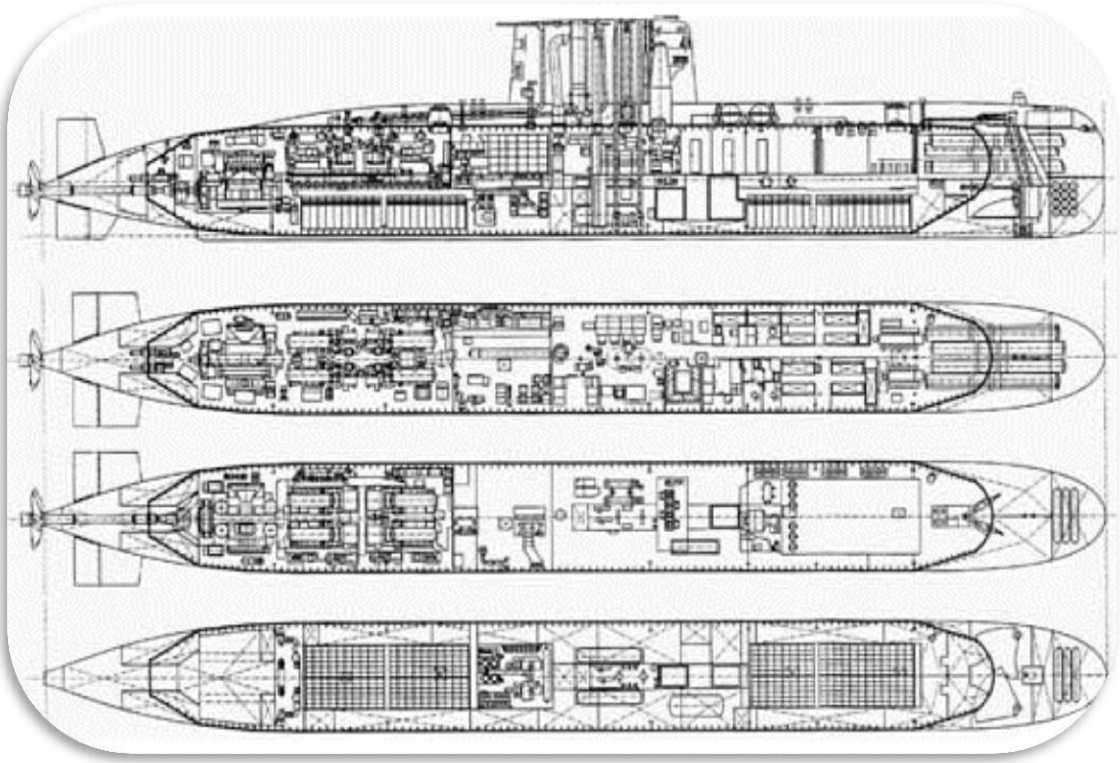

شكل ( ٥٥) علاقة قطر الغواصة بعدد طوابق الغواصة

## ٤-٤ نماذج من مخططات الغواصات :

من المهم دراسة التصاميم المتوفرة القديم منها والحديث للتعرف على الافكار والتصاميم المطبقة فعليا في بناء الغواصات.

### ٤-٤-١ الغواصة الالمانية ٢٠٩ :

نستطيع من تصميم الغواصة ٢٠٩ في الشكل (٥٦) ملاحظة الأفكار التصميمة الآتية :

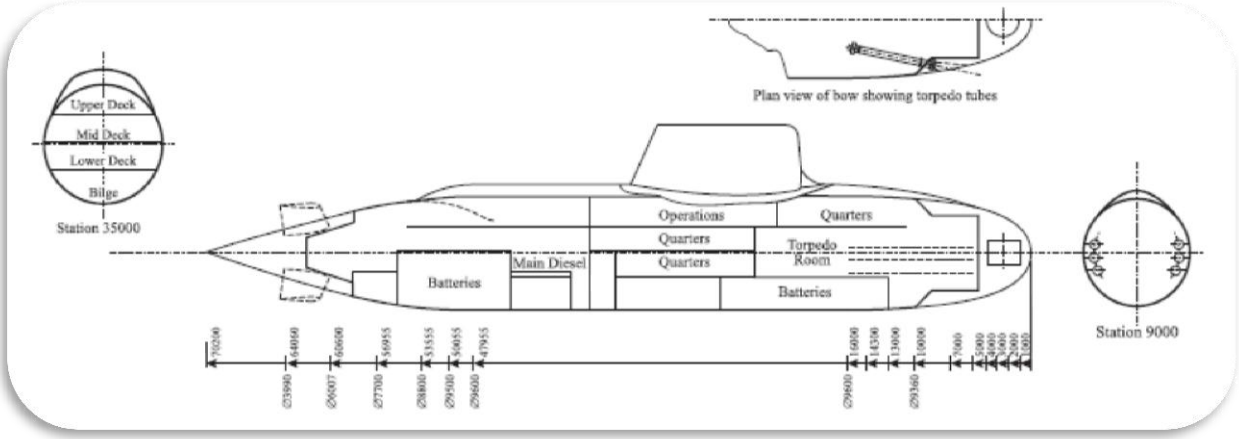


شكل ( ٥٦ ) : مخطط الغواصة الالمانية٢٠٩

١- الشكل مغزلي خالي من الأجسام التي تزيد من إعاقة الحركة مع برج يحوي صواري قابلة للرفع والخفض.
٢- الغواصة مكونة من هيكل مفرد مع أقسام خارجية في المقدمة والمؤخرة تحوي خزانات الغطس.
٣- أنابيب الطوربيد موضوعة في المقدمة في الطابق العلوي من الغواصة.

٤- السونار موضوع فوق الطوربيدات وهو مخصص لكشف السفن والألغام.
٥- البطاريات موضوعة في مجموعتين موزعة أماماً وخلفاً في الطابق السفلي لجعل مركز الثقل إلى الأسفل.
٦- هناك مولدتي ديزل موضوعة في الخلف فوق البطاريات.
٧- اسطوانات الهواء المضغوط موضوعة في خزان الغطس الأمامي.
٨- محرك كهربائي مفرد مع مروحة دفع واحدة.
٩- هناك خزانات موازنة وتعمق موجودة داخل البدن الرئيسي بعض منها موضوعة على جانبي البطاريات.

## ٤-٤-٢ الغواصة كولنز



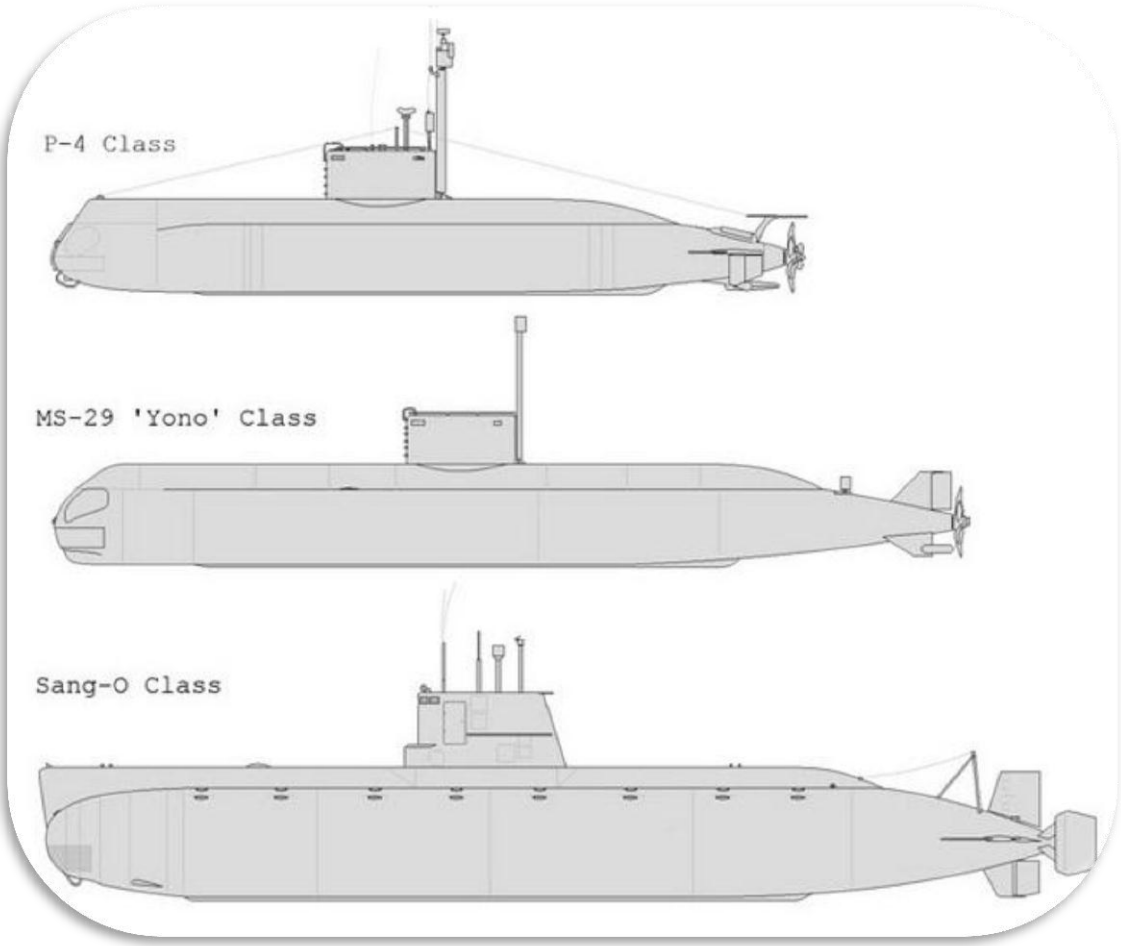

شكل ( ٥٧) : الغواصة كولنز

١- الجسم الخارجي مغزلي واقرب إلى الشكل المثالي.
٢- طول الغواصة أكثر من ٧٠ متر وخالي من الأجسام الخارجية.
٣- هناك سونار فعال ( Active ) في مقدمة الغواصة يستعمل لكشف الغواصات والسفن من مسافات بعيدة.
٤- الغواصة مكونة من هيكل مفرد مع أقسام أمامية وخلفية.
٥- أنابيب الطوربيد ستة موزعة على الجانبين وبشكل زاوية لكي لا تتعارض مع موقع السونار.

٦- تحوي الغواصة على أربعة طوابق.
٧- البطاريات موزعة أماما وخلفا.
٨- أجنحة الدفة موزعة على شكل X.

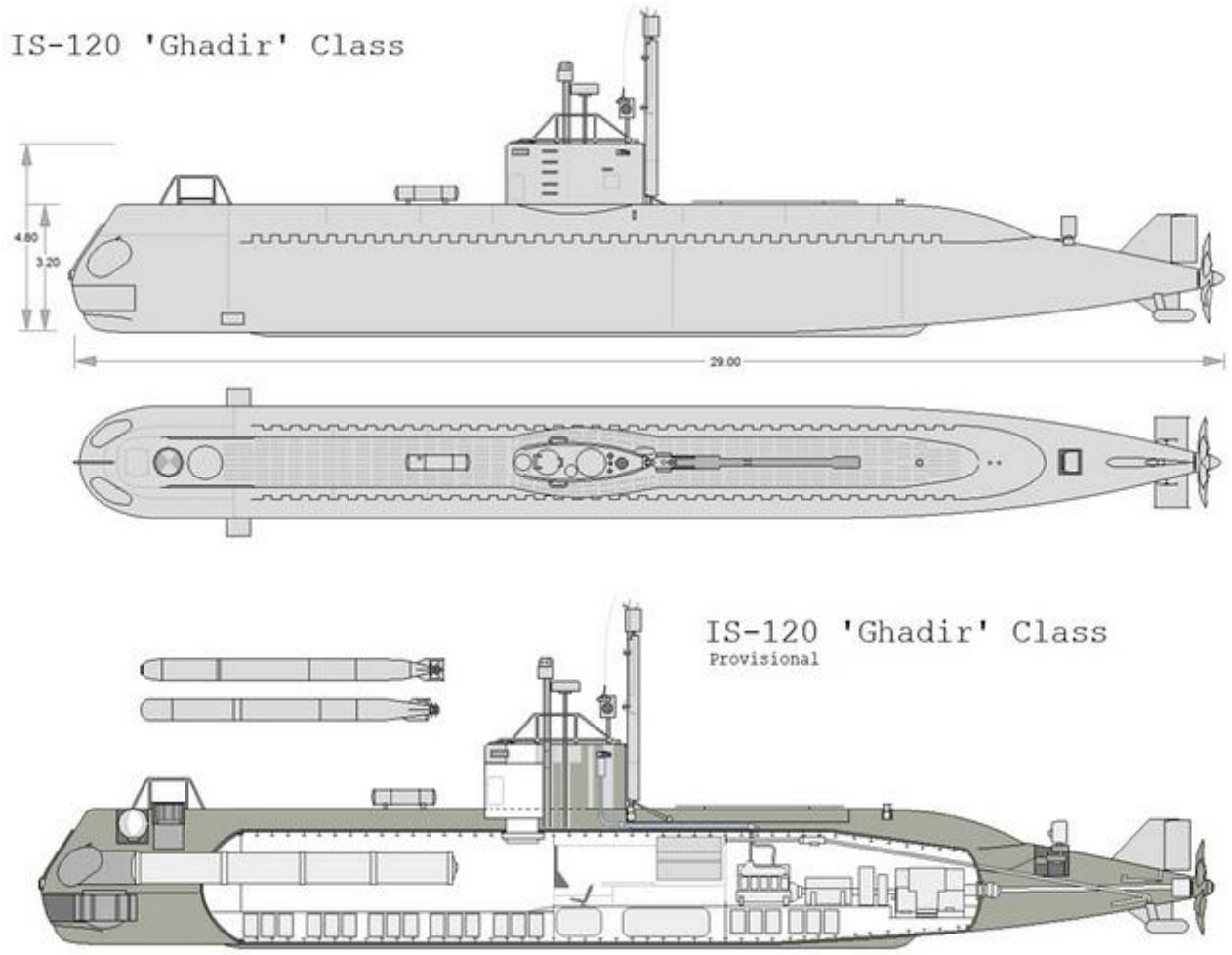
٤-٤-٣ الغواصات الكورية الشمالية :

تمتاز الغواصات الكورية الشمالية في الشكل (٥٨) بأنها صغيرة الحجم وبسيطة التصميم بسبب التكنولوجيا القديمة المتوفرة في كوريا لإنتاجها وقلة التكلفة.




شكل (٥٨ ) : خرائط غواصات كورية شمالية صغيرة الحجم

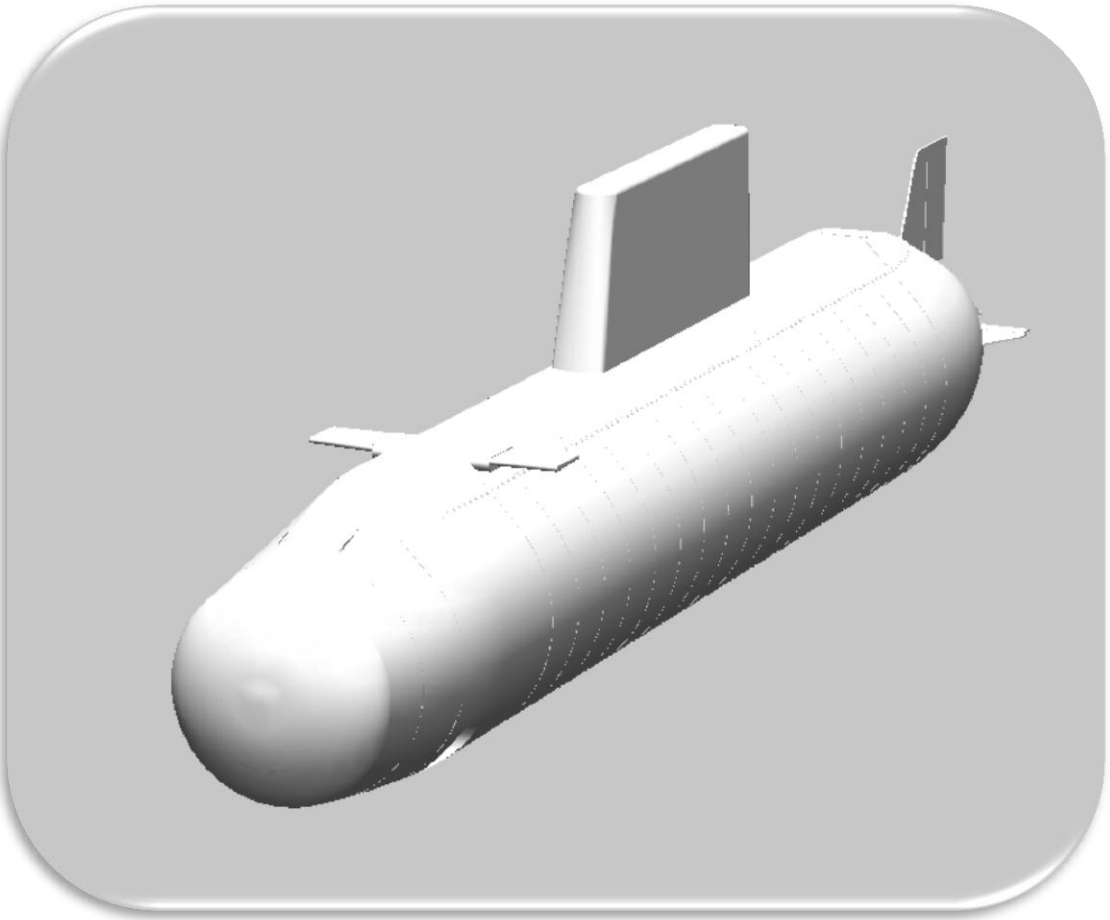
في الغواصة الكورية (IS- 120 ) شكل (٥٩) والتي تم انتاج نماذج منها في ايران حيث سميت بـ " الغدير" نلاحظ الآتي :




الشكل ( ٥٩) : مخطط الغواصة الكورية IS -120

١- طول الغواصة ٢٩ متر وقطر هيكل داخلي ٣.٢ متر.
٢- هيكل مفرد مع انبوبين قياس ٥٣٣ ملم يحويان طوربيدين فقط للاطلاق.
٣- بطاريات موزعة على مقدمة ووسط الغواصة وبعض منها في الخلف مع مولد ديزل واحد ومحرك كهربائي واحد.
٤- صواري التنفس والرادار والاتصال مثبتة خارج البرج.

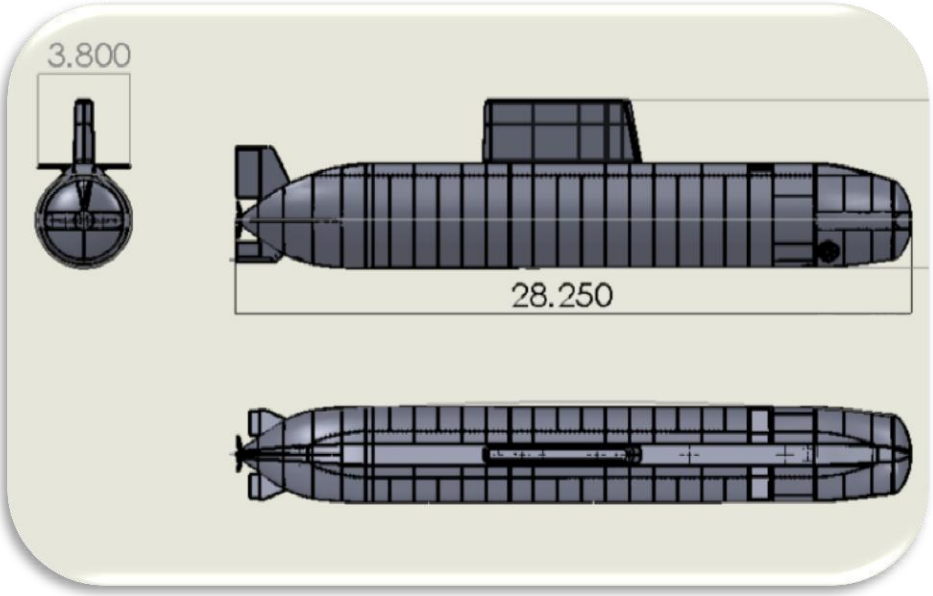
# تصميم للدراسة



شكل (٦٠) شكل الغواصة المقترحة

### ٥-١ التصميم قيد الدراسة

في هذا الكتاب وضعنا رؤية لتصميم غواصة متعددة الاستعمالات صغيرة الحجم نسبيا تستطيع القيام بأعمال الدورية وحماية السواحل والاستطلاع البعيد مع إمكانية الاشتباك مع الأهداف الموجودة على السطح والموجودة تحت الماء كما يظهر رسمها التخطيطي في الشكل (٦١).




شكل (٦١) شكل غواصة خالد

عند تصميم هذه الغواصة اعتمدت الأسس التالية :

١- ان تكون سهلة التصميم والتصنيع.
٢-ان تكون صغيرة الحجم وبذلك تكون قليلة الكلفة إضافة إلى ملائمتها للإبحار في المياه الضحلة.
٣-زودت بنظام طاقة يشمل:
أ- البطاريات: وهي وسيلة توفير الطاقة للحركة تحت الماء.
ب- مولدة ديزل : تسمح بشحن البطاريات عند الطفو .
٤-تم وضع جميع أجهزة البرج داخله وجعلها متحركة قابلة للرفع عند الاستخدام.
٥-صممت هذه الغواصة لتتمتع بالميزات الآتية :
أ- أن يكون مداها الأقصى ٢٠٠٠ كلم.
ب- أن تدار بواسطة أربعة أفراد.
ت- أن تستطيع البقاء في الماء أكثر من أربعة أيام بدون تموين.
ث- ان يصل عمقها العملي إلى ٢٠٠ متر.
ج-ان تكون قادرة على التسلل والاقتراب والقيام بعمليات الاستطلاع بدون كشفها.

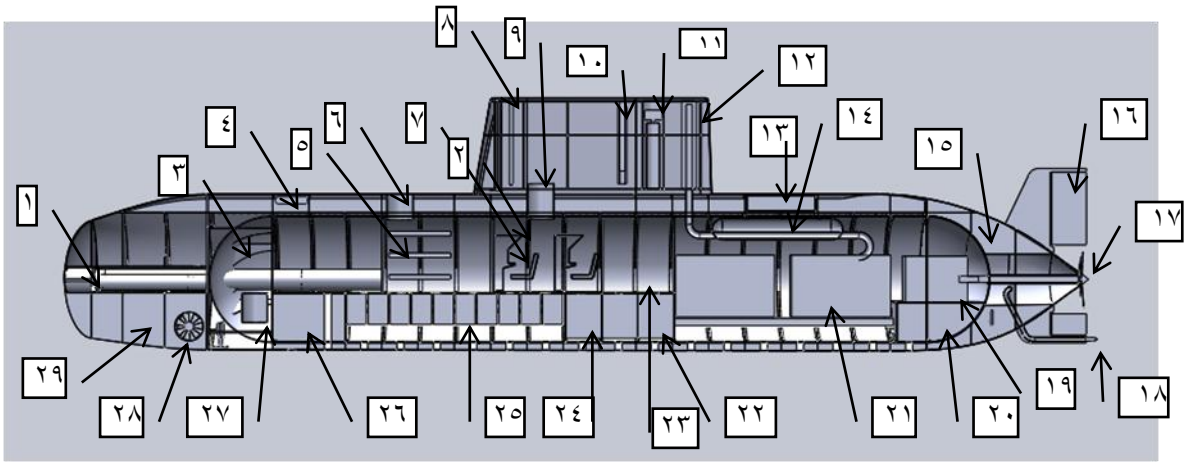
ح-ان تستطيع حمل عناصر إضافية ( لا يتجاوز عددهم ثلاثة ) للمهمات الخاصة خلف خطوط العدو.

خ-تم تسليحها بأنبوبي طوربيد قياس ٥٣٣ ملم وأربع أنابيب ٤٠ ملم ، يتم شحنها بالطوربيد أثناء الرسو من الخارج بسبب صغر الغواصة *.

د- ان تمتلك قابلية مناورة سريعة للاستفادة من صغر حجمها.

ذ- ان تبلغ سرعتها القصوى ٣٠ كلم عند الغطس.

## ٥-٢ تفاصيل التصميم




شكل (٦٢) أجزاء الغواصة من الداخل

وهي كما تظهر في الشكل (٦٢) وحسب الترقيم:

١-فتحات الطوربيد وهي لأنبوبين قياس ٥٣٣ ملم وأربع أنابيب قياس ٤٠ ملم.

٢-موضع جهاز السونار وأجهزة أخرى.

٣-غرفة المعدات وتحوي مضخات ملء وتفريغ خزانات الموازنة ومعدات إطلاق الطوربيد .

٤-الأجنحة الأمامية.

٥-حجرة النوم والمعيشة.

* وهذا عيب واضح في تصميم هذه الغواصة لذلك من الممكن إلغاء أنابيب الطوربيد حجم ٥٣٣ ملم أو استبدالها بالحجم الأصغر مع تكبير حجرة الطوربيد لتسهيل ملئها من الداخل.

٦-فتحة الطوارئ.
٧-حجرة القيادة.
٨-منظاري المراقبة والاستطلاع.
٩-فتحة الخروج الرئيسية.
١٠- هوائي الإرسال.
١١- الرادار.
١٢- صاري التنفس.
١٣- زورق إنقاذ.
١٤- فلتر تنقية الهواء من الرطوبة.
١٥- خزان غطس خلفي.
١٦- الدفة.
١٧- مروحة الدفع وتتكون من سبع ريش.
١٨- لاقط سونار قابل للمد.
١٩- المحرك الكهربائي.
٢٠- خزان الموازنة الخلفي.
٢١- مولدي الغواصة.
٢٢- خزان الوقود.
٢٣- غرفة المعدات والتكييف.
٢٤- خزان الماء.
٢٥- بطاريات الغواصة.
٢٦- خزان الموازنة الأمامي.
٢٧- محرك المناورة الجانبية.
٢٨- مروحة المناورة الجانبية.
٢٩- خزان الغطس الأمامي.

### ٥-٢-١ البدن الرئيسي للغواصة :

البدن مفرد وهو عبارة عن جسم اسطواني بطول ٢١.٥ متر وقطر رئيسي هو ٣.٥ متر .

ويشمل هذا الجزء:

١- مستودع البطاريات وتحوي ٦٠ بطارية نوع زبرا انتاج شركة رولزرويز قدرة ٣٢ كيلوواط\ساعة ووزن ١٩٥ كغم . ويحوي المستودع كذلك خزانات الهواء المضغوط. ( اختيرت هذه البطاريات بسبب مواصفاتها المتميزة).

٢- غرفة المعيشة والتموين تحوي ثلاث أسرة نوم قابلة للطي وحمام ومرافق وصندوق التموين ومنظومة تصفية ماء صغيرة مع طاولة طعام قابلة للطي وفتحة طوارئ.

٣- غرفة القيادة وتشمل جميع أجهزة القيادة والملاحة والتوجيه والاتصال والكشف و الخ.

٤- غرفة المعدات وتحوي أجهزة إطلاق الطوربيد ومضخات ملء وتفريغ خزانات الموازنة وأجهزة الكترونية أخرى.

٥- غرفة المحركات وهي تحوي مولدي ديزل بقدرة كلية هي ١٠٠٠ كيلو واط ومحرك كهربائي بقدرة ١٢٠٠ كيلو واط بالإضافة إلى أجهزة توجيه الاجنحة والدفة الخلفية.

٦- غرفة المعدات الخلفية وتحوي معدات التكييف و مضخات ملء اسطوانات الأوكسجين وأجهزة إضافية.

### ٥-٢-٢ البدن الخارجي:

**ويشمل مقدمة ومؤخرة الغواصة وبرج الغواصة والجسر و يحوي:**

١) موضع مستشعرات أجهزة السونار.
٢) مخرج الطوارئ.
٣) مناظير المراقبة: منظار للمراقبة والتصويب ومنظار للاستطلاع السريع.
٤) بوابة الغواصة الرئيسية.
٥) أجهزة اتصال مخفية قابلة للرفع مع جهاز استغاثة للحالات الطارئة.
٦) رادار مخفي قابل للرفع.
٧) أنبوب شفط الهواء للغواصة قابل للرفع .
٨) الدفة وتدار حاسوبيا مع منظومة تشغيل هيدروليكية.

٩) أجنحة الغواصة الأمامية.
١٠) مروحة أمامية للمناورة تسمح للغواصة بالدوران في مكانها.
١١) خزانات الغطس الأمامية والخلفية.

### ٥-٢-٣ أنظمة الغواصة الأخرى :

١-نظام ملاحة متطور يسمح بقيادة الغواصة تحت الماء ذاتيا بدون الحاجة إلى معلومات او بيانات خارجية.
٢-نظام قيادة دقيق مع نظام ملاحة آلية يسيطر على أنظمة التوجيه الهيدروليكية للزعانف الأمامية والخلفية والدفة الخلفية مع سيطرة على قوة دفع المحرك يتيح المناورة بسرعة مع السيطرة على المروحة الأمامية للمناورة في الموقع.
٣-نظام اتصالات آمن مع نظام مشفر يتيح إرسال واستقبال الرسائل والأوامر في اقل وقت ممكن لتقليل إمكانية تحديد الموقع.
٤-نظام استغاثة الكتروني للطوارئ يتيح ارسال جهاز لتحديد الموقع الى السطح في حال عدم إمكانية الطفو.
٥-نظام استطلاع وتوجيه مع أنظمة للرؤية الليلية مع أجهزة التصويب.
٦-نظام استطلاع مزود بكاميرات وعدسات مقربة تتيح الاستطلاع في ثوان قليلة لتقليل زمن الطفو لأغراض الاستطلاع.
٧-نظام تحسس وإنذار للرطوبة والحرارة بواسطة متحسسات في مختلف أجزاء الغواصة.
٨-نظام رادار وتحسس قابل للإخفاء والرفع.
٩-نظام إطلاق لست أنابيب طوربيد.
١٠- أنظمة رفع هيدروليكية تسمح بضم ورفع عناصر برج الغواصة.
١١- نظام ملء وتفريغ الخزانات الرئيسية يشمل بوابات هيدروليكية للخزانات مع خزانات هواء مضغوط لتفريغ خزانات الغطس الرئيسية مع مضخات ملء وتفريغ لخزانات الموازنة مع مضخات طوارئ داخل الغواصة لتفريغ الماء منها.

١٢- نظام كاميرات في مقدمة ونهاية الغواصة وفي البرج مع مصابيح كاشفة للبحث في أعماق البحر ولمراقبة ما يدور حول الغواصة إثناء الغطس.

### ٥-٢-٤ المواد الأخرى:

١-ماء يكفي لأربعة أيام و يقدر بـ ٢ متر مكعب بالإضافة إلى منظومة صغيرة لتنقية ماء البحر للطوارئ.
٢-وقود ديزل يكفي لتشغيل المولدة وشحن البطاريات لمسافة تصل إلى ٢٠٠٠ كلم عند ظروف تشغيل طبيعية ويقدر بـ ٨ متر مكعب.
٣-وجبات طعام تكفي لأربعة أشخاص لمدة ٧ أيام.
٤-قناني ومعدات تنفس تكفي لما لا يقل عن ١٠ ساعات متواصلة من الغواص.
٥-أجهزة إطفاء وصندوق إسعاف فوري.
٦-أسلحة خفيفة.
٧-معدات نجاة ، صداري طفو وقارب نفخ وأقنعة غوص مع أوكسجين على عدد الطاقم ، جهاز إرسال و تموضع عالمي.
٨-أدوات احتياطية رئيسية للمولدات مع أدوات صيانة.
٩-شبكات الكهرباء وشبكات أنابيب نقل الهواء المضغوط.

---

## ٥-٣ خطوات التصميم:

### ٥-٣-١ تصميم البدن الرئيسي:

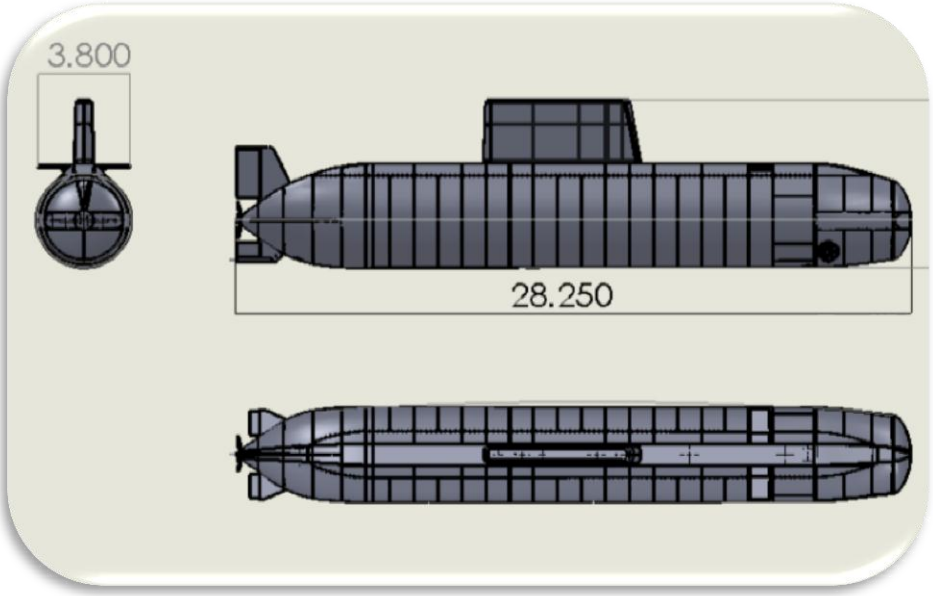
أ- يصنع البدن الرئيسي على شكل اسطواني مغلق النهايات وذلك لان الشكل الاسطواني هو الشكل الأمثل لمقاومة ضغوط الماء الكبيرة لذلك يسمى هذا البدن أيضاً بدن الضغط.

ب- يصنع هذا البدن من الفولاذ الإنشائي عالي المقاومة وعادة ما تستعمل السبيكة التي يرمز لها HY-80 وهو فولاذ تصل مقاومة شده القصوى الى ٩٠٠ نيوتن\ملم$^{٢}$.

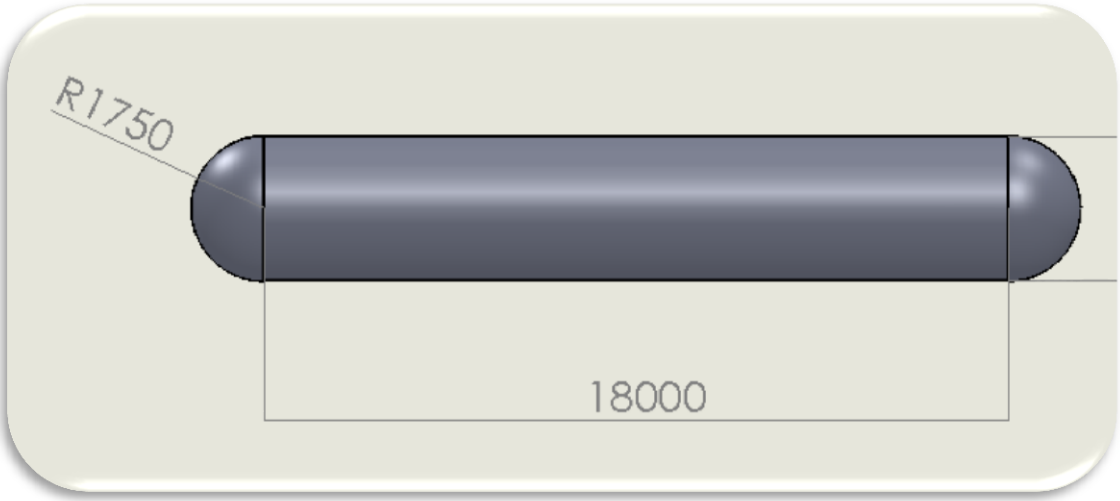
ت- تم اختيار سمك هذا البدن بسمك ٢٥ملم وصمم ليتحمل عمق يصل الى ٢٥٠ متر تحت سطح الماء.

ث- اعتمادا على ما جاء من متطلبات التصميم يتم دراسة جميع المعدات والمواد التي يمكن توفيرها بصورة أكيدة للغواصة من مولدات وبطاريات وأجهزة وأسلحة..الخ وأبعادها ومواصفاتها الفنية والحيز التي تحتاجه داخل الغواصة بالإضافة إلى المواد المساعدة لها كمواد تثبيت وتأسيس وأسلاك وأنابيب توصيل ويتم حساب الحيز المطلوب لمنظومات الملاحة والسيطرة والتكييف والتهوية وتصفية الماء وحيز حفظ الطعام حيث توضع جميع المعدات والمواد الأساسية لتشغيل الغواصة و بشكل يسهل حياة الطاقم داخل البدن الرئيسي بالإضافة إلى إمكانية أفراد الطاقم التحرك والوصول إلى تلك المعدات بسهولة لأغراض الصيانة ، يتم كل ذلك من اجل حساب حجم البدن الرئيسي المطلوب ليحوي كل تلك الأشياء مع جو مريح لأفراد الطاقم.

في هذا التصميم تم الحصول على أبعاد بعض المعدات وتقدير الأخرى لذلك فان التصميم الحقيقي يخضع لتغييرات وفقا لحقيقة المعدات التي ستركب داخل البدن وقد تم افتراض حجم البدن كما في الفقرة ( ٢-٢- أ) حيث يظهر كما في الشكلين (٦٣)و(٦٤).




شكل (٦٣) شكل وأبعاد البدن الرئيسي من الخارج.




شكل (٦٤ ) شكل البدن الرئيسي من الداخل.

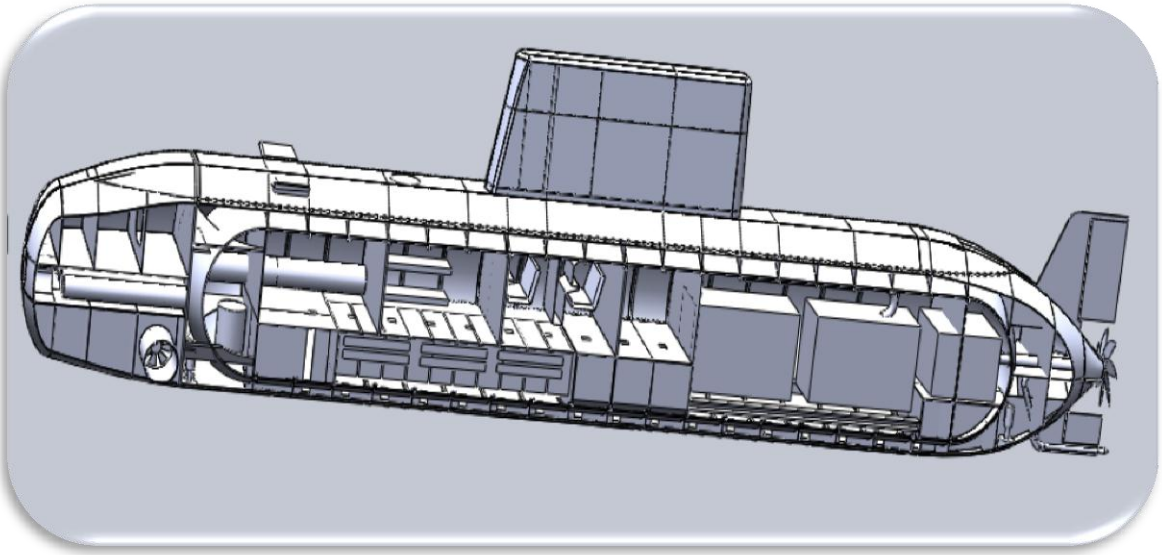
ج-يتم غلق البدن الاسطواني بنهايات كروية الشكل لأنها أفضل مقاومة للضغط.

ح-يتم حساب الحجم الكلي للبدن الرئيسي ككتلة صلدة جاسئة مع اعتماد كثافة للجسم هي ١٠٢٥ كغم\متر$^{٣}$ (كثافة ماء البحر).

### ٥-٣-٢ تصميم الأجزاء الخارجية للغواصة :

ويتم بإضافة باقي أجزاء الغواصة كالآتي :

١-مقدمة الغواصة :



شكل (٦٥) مقطع في الغواصة يبين أقسامها المختلفة.

حيث يتم حساب حجم هذا الجزء بدقة لكي يتم وضع جهاز السونار " الكاشف للألغام والسفن" فيه (لذلك يجب تحديد نوع جهاز السونار ومعرفة أبعاده ومواصفاته الفنية ) بالإضافة إلى خزانات الغطس الأمامية .شكل (٦٥).

٢-ذيل الغواصة ويحمل هذا الجزء مجموعة الذيل المتضمنة دفة التوجيه والزعانف الخلفية بالإضافة إلى خزانات الغطس الخلفية وأجهزة الاستماع وكشف الغواصات المتتبعة.

* * *

ملاحظة:

مقدمة الذيل والغواصة من الممكن ان تصمم مع إعطاء حيز اكبر من المطلوب وذلك لإعطاء إمكانية احتواء معدات أو أجهزة احدث أو اكبر كما إن الخزانات الأمامية والخلفية يمكن أن تكون اكبر من الحسابات المفترضة ليكون التصميم في حدود الأمان أكثر.

٣-تصميم برج الغواصة وهي يحوي بوابة الدخول الرئيسية وأجهزة المراقبة والاستطلاع والاتصال وأنبوب التنفس والرادار وأجهزة تنصت جانبية وأنظمة الرفع الهيدروليكية.

٤-تصميم مجموعة الذيل ويجب أن يتم وفق حسابات هندسية هيدروديناميكية وميكانيكية لتصميم آلية الحركة لها.

٥-تصميم الأجنحة الأمامية والمروحة الأمامية.

* * *

**ملاحظات تصميمية مهمة**

إن ما استعرضناه مما سبق من تصميم يتعلق بالجزء الرئيسي من الغواصة الذي يشمل كل ما يتعلق بحياة الطاقم والدفع والتسليح والملاحة.. الخ. وهي الأجزاء التي من المحتم ألا يدخلها ماء البحر إلا بكمية محدودة ومسيطر عليها كخزانات الموازنة. وإذا ما استرجعنا مبدأ ارخميدس في طفو الأجسام فان حجم الغواصة لحد هذه الخطوة و وزن الماء المزاح الناتج عنه يمثل الوزن الحرج للغواصة. إي إن زيادة في وزن الغواصة عن الوزن الحرج سيؤدي إلى غطسها تحت الماء وإذا قل عنه طفت فوق الماء. عند حساب الحجم الكلي لهذا التصميم يظهر انه يساوي ١٥٠.٨ متر مكعب وبكثافة تساوي ١٠٢٥ كغم\متر٣ فان وزن الماء المزاح يساوي ١٥٤,٦٠٠ كغم . إذن فان وزن الغواصة الفعلي بكامل حمولتها من الأسلحة والرجال والوقود والماء والطعام يجب أن لا يتجاوز ١٥٤.٦ طن.

كذلك نلاحظ إن مركز ثقل الماء المزاح يبعد عن مقدمة الجسم مسافة ١١.٩متر ويرتفع عن محور الاسطوانة لبدن الغواصة الرئيسي مسافة ٢٢ سم. عند تصميم الغواصة الداخلي وتوزيع المعدات داخل الغواصة فإننا يجب ان نجعل مركز ثقل الغواصة بالنسبة للمحاور الأفقية قريبة من مركز ثقل الماء المزاح وأسفل منه بالنسبة للمحور العمودي للغواصة.

٦-تصميم الجسر:

وهو جزء من البدن الخارجي يمتد على ظهر الغواصة يمتاز بسطح أفقي يسمح بحركة الأفراد خارج الغواصة بسهولة لأغراض التموين والصيانة ويضم فتحة الطوارئ كما يضم قسم من خزانات الهواء المضغوط وقارب النجاة ويخفي أيضا

بعض الأجهزة الضرورية والتي تمتاز بعدم تأثرها بالماء او بضغط الماء لهذا فالجسر مكون من معدن قليل السمك ويتم غمر داخله بالماء أثناء الغطس. وتصميم الجسر يتم أيضا بعد تصميم البدن الرئيسي.

٧-تصميم الأجنحة الأمامية و مروحة المناورة:

تصمم الأجنحة الأمامية وفق حسابات هيدروديناميكية دقيقة للحصول على أفضل كفاءة. و تم وضعها في الجسر بدلا من البرج للحصول على سيطرة أكبر وكفاءة أفضل. يتميز هذا التصميم بمروحة جانبية أمامية للمناورة تسمح للغواصة بالدوران في مكانها مما يمكن الغواصة من المناورة السريعة أو الهروب السريع.

٨- تصميم خزانات الغطس:

تعد خزانات الغطس من بدن الغواصة الخارجي لكن تصميمها يكون بعد تصميم الجزء الرئيسي منها كما ذكرنا أعلاه. لجعل الغواصة تغوص تحت الماء يتم ملء خزانات الغطس بالماء بالكامل لجعل وزن الغواصة الكلي اكبر من وزن الماء المزاح وعند الطفو تفرغ من الماء فيصبح وزن الغواصة اخف من وزن الماء المزاح فتطفو.

للغواصة وزنان:

أ- الوزن الفارغ: وهو وزن الغواصة الثابت غير القابل للزيادة او النقصان.

ب- الوزن المملوء : وهو وزن الغواصة وهي محملة بالأسلحة و بالوقود بالماء و بالطعام وأي مواد أخرى تحتاجها الغواصة كمواد استهلاكية يتم استهلاكها أثناء إبحار الغواصة.

إذن عند حساب وزن خزانات الغطس ( وهي مملوءة) يجب أن ننتبه للآتي:

الوزن الفارغ + وزن الخزانات المملوءة ≤ وزن الماء المزاح

كما لا ننسى المعلومة المهمة:

الوزن المملوء (مع الخزانات الفارغة ) < وزن الماء المزاح

و ذلك للحفاظ على طفو الغواصة في حال كانت بكامل حمولتها. كما من المهم جدا عند تصميم الخزانات وحساب أحجامها توزيع الخزانات بحيث يتوزع وزن الماء فيها على المقدمة والمؤخرة بشكل لا يؤثر على موقع مركز ثقل الغواصة ، إن توزيع خاطئ لخزانات الغطس قد يسبب انحراف مركز ثقل الغواصة بشكل كبير عن مركز ثقل الماء المزاح مسببا عدم استقرار الغواصة بشكل سليم.

ستتم عملية تصميم خزانات الغطس في مرحلة متأخرة من التصميم وستخضع للتغيير حتى في أثناء عملية التصنيع ولكن سيتم الآن وضع تصميم افتراضي لها.

### ٥-٤ مرحلة التصميم الدقيق :

بعد تصميم الشكل الخارجي للغواصة ووضع الشكل العام للغواصة يتم التصميم الدقيق لتفاصيل الغواصة الداخلية ، ويتم ذلك بواسطة برامج التصميم الحاسوبية ذات الثلاث الأبعاد. حيث في هذه المرحلة يتم الاستقرار على أجزاء ومعدات الغواصة واختيارها وبعد ذلك يتم رسم كل معدة حسب مواصفاتها والخرائط المرفقة بها بشكل مجسم ووضعها في مكانها من الغواصة بشكل لا يتعارض مع أماكن الأجزاء الأخرى وعملها وبشكل يتيح تنقل الطاقم بحرية ويسهل وصولهم إليها ، مع مراعاة سهولة أعمال الصيانة وتغيير الأجزاء القديمة او العاطلة .

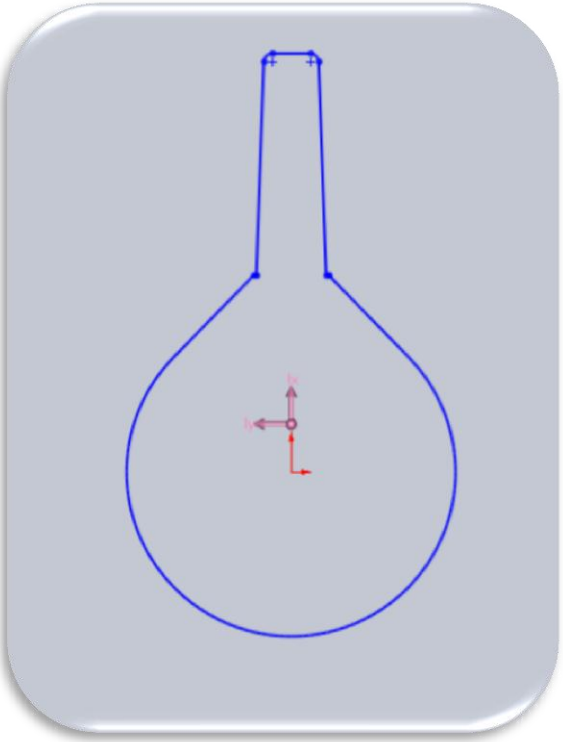
عند تصميم الغواصة من الداخل يشترك فريق التصميم مع فريق التصنيع من مهندسي الميكانيك والكهرباء والإلكترونيك والصيانة في اختيار مواضع المعدات ووضع تصاميم للتسليك والتمديد الكهربائي وقنوات التكييف والخ. من معدات.

ومن المهم الانتباه في هذه المرحلة إلى وزن الغواصة الكلي وعدم تجاوزه الوزن المزاح بعد تصميم الغواصة بوزنها الكلي من وقود وأسلحة كما يتم الانتباه إلى مركز ثقل الغواصة بالشكل الذي يجعله قريبا من ثقل الوزن المزاح. وتوضع خزانات الوقود والماء قريبة من مركز ثقل الغواصة لكي لا يؤثر استهلاك الوقود والماء بشكل كبير على توازن الغواصة.

في هذه المرحلة قد يكون من الضروري تغيير التصميم الأولي للغواصة من حيث الشكل أو الأبعاد أو كليهما لتتسع للمعدات المطلوبة أو لتحسين تصميمها.

### ٥-٥ كيفية حساب الطاقة المطلوبة للدفع ومعلومات اخرى:

يؤخذ اكبر مقطع عرضي في الغواصة وهو كما في الشكل (٦٦ ) حيث تبلغ مساحة المقطع الظاهر في الشكل ١٤.٧٥ متر مربع.



شكل (٦٦) اكبر مقطع عرضي في الغواصة يحدد القوة المطلوبة للدفع.

**كيفية حساب الطاقة اللازمة لدفع الغواصة وقدرة تحملها للبقاء تحت الماء.**

يتم حساب الطاقة اللازمة للدفع حسب القانون الرياضي التالي :

$$F = C \times \frac{1}{2} \times A \times \rho \times V^2$$

حيث $F$ : هي القوة اللازمة للدفع وهي بوحدات نيوتن ( كغم. متر\ ثانية $^{٢}$ ) .

$C$ : هو معامل قيمته ٠.٢

$A$ : مساحة اكبر مقطع عرضي في جسم الغواصة بوحدات متر مربع ( أثناء الغواص تحت الماء).

ρ : كثافة ماء البحر وتبلغ ١٠٢٥ كغم \ متر$^{٣}$

$V$ : سرعة الغواصة بوحدات متر\ثانية

السرعة القصوى المفترضة للتصميم هي ٣٠ كلم\ساعة وتساوي في الثانية الواحدة :

$V = 8.3$ m/s ( حيث $V = 30{,}000 / 3600$).

اذن $F = 0.2 \times \frac{1}{2} \times 14.75 \times 1025 \times (8.3)^2$

$$F = 110{,}427\ N$$

اذن القوة اللازمة لدفع الغواصة بسرعة ٣٠ كلم\ساعة هي ١١٠,٤٢٧ نيوتن ، لايجاد الطاقة نضرب القوة في سرعةالغواصة

$$P = 110{,}427 \times 8.3 = 916{,}547\ watt = 917\ KW$$

وهي ٩١٧ كيلوواط.

بما ان الطاقة الرئيسية للابحار تحت الماء تستمد من البطاريات فلو اننا استخدمنا ٦٠ بطارية قدرة الواحدة منها في المعدل تعادل ٣٠ كيلواوط\ساعة اي ان الطاقة الكلية للبطاريات تساوي

٦٠ × ٣٠ = ١٨٠٠ كيلوواط \ ساعة

وبقسمة القدرة الفعلية للبطاريات على القدرة المطلوبة للابحار يتضح ان القدرة التي توفرها البطاريات تسمح للغواصة بالابحار تحت البحر بسرعة ٣٠ كلم\ساعة بزمن

١٨٠٠ \ ٩١٧ = ١.٩٦ ساعة

تضطر بعدها الغواصة الى الطفو و اعادة شحن البطاريات عن طريق المولد .

بينما لو سارت الغواصة بسرعة ٢٠ كلم \ساعة فان القدرة على البقاء ستكون اطول ونستطيع حساب ذلك باستعمال المعادلات اعلاه بعد تغيير قيمة السرعة الى V = 5.6 m/s ( حيث V = 20,000 / 3600).

بعد تطبيق المعادلات اعلاه يتضح ان الطاقة المطلوبة تساوي ٢٦٥٥٠٩ واط = ٢٦٦ كيلوواط

اي ان زمن الغواص سيكون $\frac{1800}{266}$ = ٦.٨ ساعة اي ما يقرب من سبع ساعات.

### ٥-٦ كيفية اختيار المحرك

مما تقدم فان القدرة الكلية لدفع الغواصة بسرعتها القصوى هي قرابة ١٨٠٠ كيلوواط ، اذن سنحتاج محرك كهربائي معدل طاقته بحدود ١٨٠٠ كيلوواط وقدرته القصوى عادة أكبر. في التصميم الحالي تقرر استعمال محرك طاقته بحدود ٢٠٠٠ كيلوواط.

### ٥-٧ كيفية اختيار المولد

يقدر ما تنتجه مولدة حجمها متر مكعب واحد بحدود ١٥٠ كيلوواط لذلك سيكون حجم المولدة مرتبطا بحجم الحيزالمخصص لها. وقد تم اختيار مولدي ديزل بحريين قدرة الواحد منها ٥٠٠ كيلوواط ، لتصبح الطاقة الكلية لهما ١٠٠٠ كيلوواط. كلما كان مقدار طاقة المولدات كبيرة ( لحد معين مرتبط بمواصفات البطاريات ) سمح ذلك باعادة شحن البطاريات بشكل أسرع و آمن للغواصة ولكن حجم الابعاد المطلوبة للغواصة يحد من امكانية اختيار مولدات اكبر مع محاولة الحصول على مولدات اكبر طاقة بحجم اصغر.

# تصنيع الغواصة

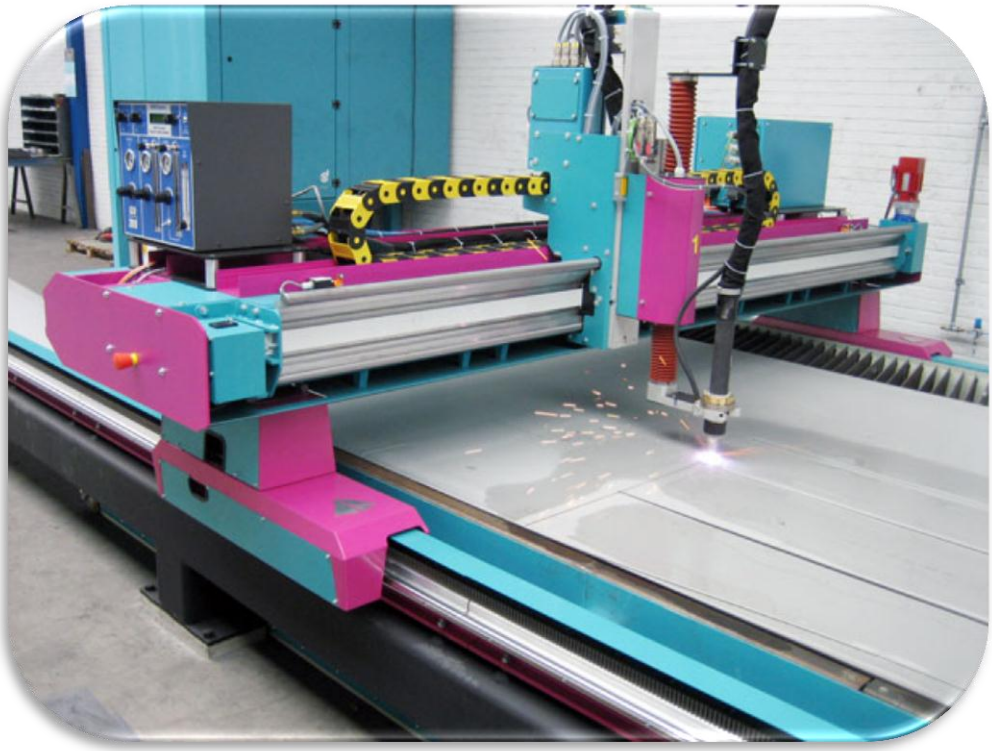
### ٦-١ عملية انتاج وتحضير الواح الفولاذ:

متطلبات تصنيع هيكل الغواصة وتجميعها : معمل درفلة للفولاذ و معمل لصناعة السفن وحوض جاف لبناء السفن .

وبالخطوات التالية :

١- يتم بدءا صناعة البدن الرئيسي للغواصة وذلك بشراء الواح من الفولاذ المذكور (HY-80 , HY-100) أو نوعية مناسبة من الفولاذ الانشائي عالي المقاومة المعروفة بالمختصر (HSLA) بسمك ٢٠ ملم لتصنيع هيكل الضغط مع الواح فولاذ باسماك مختلفة. حيث يتطلب وجود ماكنة قطع بالشعلة و قطع بالبلازما لقطع الالواح ويفضل ان تكون مبرمجة. شكل (٦٧).

٢- اثناء عملية التقطيع يتم التنبه الى موضع كل لوح في الهيكل وما يحتاجه من فتح فتحات ضرورية كفتحات خروج او تمديد او تثبيت وهكذا.



شكل (٦٧) ماكنة قطع بالبلازما

٣- الحاجة الى وجود ماكنة حني بالدرفلة بمواصفات تسمح بحني الواح سماكة ٢٠ ملم وفولاذ بخواص السبيكة HY-80. وهي كما في الشكل (٦٨).

شكل (٦٨) ماكنة حني بالدرفلة.

٤-ماكنة درفلة لصنع النهايات الكروية للبدن.

٥-بالرجوع الى مواصفات ماكنة الحني فانه يتم قطع الواح الفولاذ بالعرض المناسب التي تستطيع الماكنة حنيه وهكذا يتم تقسيم الطول الكلي الى اجزاء عددها يأتي من ناتج :

الطولي الكلي للبدن \ العرض المسموح

٦- ويكون الطول مساوي لمحيط مركز قطر الغواصة. وحسب المعادلة التالية :

طول لوح الفولاذ = ( قطر البدن الخارجي- سمك اللوح) في النسبة الثابتة.

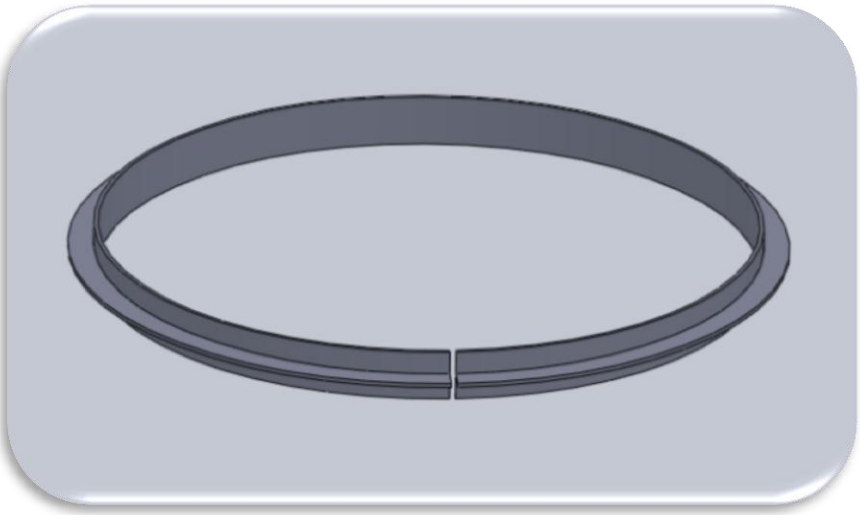
## ٢-٦ عملية اللحام و التقوية :

١. بعد عملية حني كل لوح يتم لحام طرفي الحنية للحصول على مقطع اسطواني. وتتم عملية اللحام عادة بمكائن لحام يدوية و بواسطة عمال لحام ماهرين. وتجري على هذا المقطع الفحوصات الهندسية المطلوبة للتأكد من جودة اللحام وهذا يتطلب وجود اجهزة فحص اللحام مع اختصاصيي فحص اللحام.

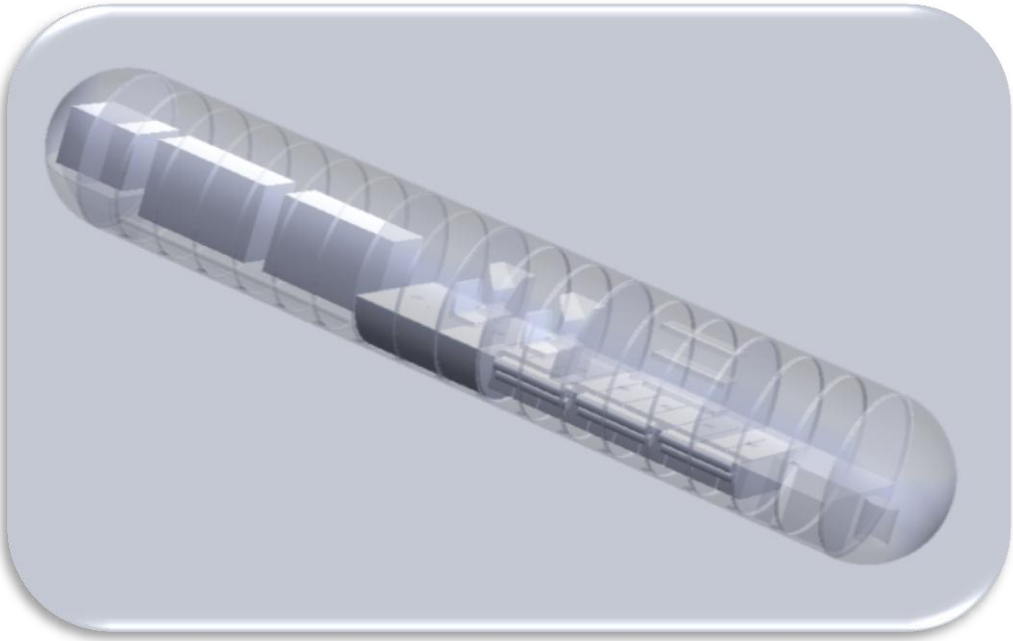
٢. لتقوية المقاطع الاسطوانية ومنع هطولها تحت وزنها او ضغط الماء يتم استعمال مقاطع شكل T بحجم مناسب وفق حسابات هندسية دقيقة. ويتم حنيها وفقا للقطر الداخلي للاسطوانة وذلك بواسطة ماكنة حني لمقاطع الفولاذ كما في الشكل (٦٩) و (٧٠).

٣. كما يتم تصنيع الواح دائرية مناسبة للقطر الداخلي لهيكل الضغط وبسمك مناسب للفصل بين حجرات الغواصة ولتقوية الهيكل. شكل (٧١).

شكل (٦٩) ماكنة حني مقاطع.



شكل (٧٠) حلقة مدرفلة من مقطع T .



شكل (٧١) مقطع شفاف لهيكل الضغط يظهر حلقات ومقاطع التقوية.

٤-يتم تجميع هذه المقاطع بعد الفحص للحصول على اقسام متعددة حسب تصميم الغواصة وتجري الفحوصات السابقة عليها وبدقة عالية.

### ٦-٣ عملية تركيب المعدات وتهيئة مرافق الغواصة :

١. بعد الحصول على اجزاء الغواصة على شكل اقسام منفصلة يتم وضع كل قسم على حدة لتسهيل عملية التجميع ويتم تثبيت كل اسطوانة قسم

بوضعية افقية على قاعدة ذات شكل مناسب للتثبيت قبل بدء عملية التجميع. شكل (٧٢).

٢. يتم الان تقسيم فرق العمل كل فريق حسب الاقسام :

أ- فريق خاص بتجميع غرفة المعيشة.

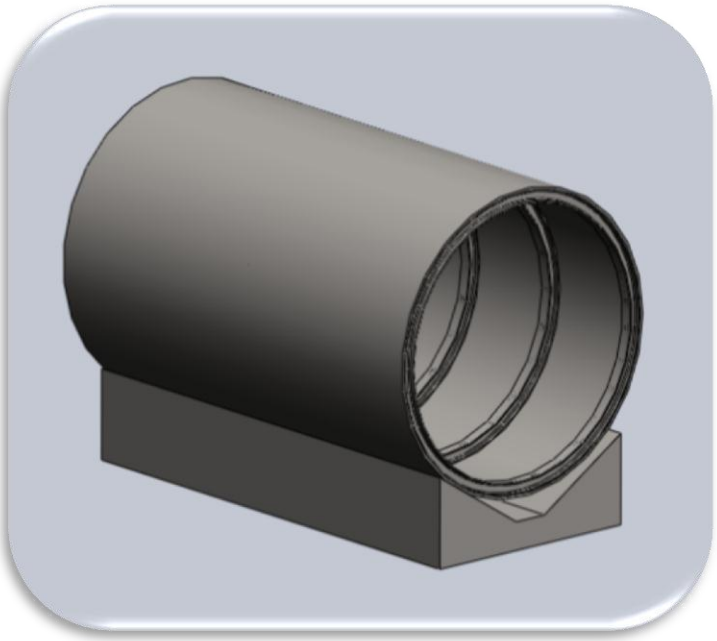
ب- فريق خاص بتجميع غرفة البطاريات.

ت- فريق تجميع غرفة القيادة.

ث- فريق تجميع غرفة المعدات.

ج-فريق تجميع غرفة المحركات.

ويحوي كل فريق مهندسين وفنيين مهرة من جميع الاختصاصات الهندسية المطلوبة ( ميكانيك ، كهرباء ، الكترونيك ).



شكل (٧٢) اجزاء الهيكل الاسطوانية وقد هيئت لغرض التجميع.

بالاضافة الى التقوية فانه يتم الاستفادة من المقاطع لتثبيت المعدات والاجهزة داخل الغواصة.

- يتم تبطين الغواصة بمادة عازلة غير سامة وغير قابلة للاحتراق لحماية الغواصة من درجات الحرارة المنخفضة ولعزل الصوت.
- يجب فحص جميع الاجهزة بصورة دقيقة والتأكد من جاهزيتها قبل وضعها في الغواصة.
- تثبيت الاجهزة لكل قسم.

ملاحظة : تثبت الاجزاء التي تولد اهتزازات عند عملها مثل المولدات على مفاصل نابضية لكي تمتص الاهتزاز وتقلل الضوضاء الصادرة منها.

- بعد الانتهاء من كل قسم تتم عملية الفحص بدقة وقياس وزن كل قسم على حدة وذلك بواسطة اجهزة توزين (Load cell) وتسجيل هذه الاوزان ومقارنتها بالاوزان النظرية عند التصميم.
- عملية فحص اجهزة كل قسم ومدى ملاءمتها للعمل مع اجزاء القسم الاخرى.

**٦-٤ عملية التجميع النهائي :**

١- عملية تجميع الاقسام بواسطة اللحام.
٢- اجراء عملية فحص اللحام.
٣- اجراء عملية ربط الاقسام مع بعضها بواسطة التوصيلات الكهربائية والتسليكات الاخرى.
٤- اضافة الوقود الى المولدات وتوصيل الكهرباء واجراء فحص شامل لعمل الاقسام كمنظومة واحدة.
٥- يتم غلق طرفي البدن بالقبب المعدنية لغلق البدن الرئيسي واكمال عملية تجميع واضافة المعدات الاخرى المرتبطة بها.
٦- عملية فحص اللحام بصورة شاملة.
٧- اجراء عملية التوزين ان امكن.
٨- بعد ان تكون اجزاء البدن الخارجي قد قطعت وجمعت باللحام يتم تثبيتها على البدن الرئيسي.

٩-تصنيع برج الغواصة كجزء متكامل وتثبيت منظوماته وتوصيلها بغرفة القيادة وتشغيلها فعليا وتجربة ادائها قبل اعمال التثبيت والتغليف النهائية.

١٠- فحص اعمال اللحام بصورة شاملة.

١١- بعد اكمال عملية صناعة البدن الخارجي والداخلي وتثبيت الاجنحة والدفات والمراوح يتم تشغيل الغواصة لمدة لاتقل عن ١٢ ساعة متواصلة والتحقق من كفاءة اداء المعدات والاجهزة بصورة تفصيلية ووضع تقارير فحوص شاملة بإداء الغواصة.

١٢- بعد تدقيق الاوزان ومركز ثقل الغواصة يتم تصنيع خزانات الغطس الامامية والخلفية حسب البيانات المجموعة والمستحصلة اثناء صناعة البدن. ويتم توزيعها بشكل يحافظ على مركز ثقل ضمن السماحات المطلوبة.

١٣- يتم فحص اللحام ومنظومة فتح وغلق بوابات الخزانات ونظام الهواء المضغوط ومنظومة الملىء والتفريغ.

١٤- تجميع الخزانات مع البدن.

١٥- تجربة عمل وتشغيل بوابات خزانات الغطس وصمامات التفريغ.

١٦- الاكساء بالمطاط الخاص العازل للصوت والممتص لامواج السونار حيث يتكون هذا المطاط من طبقتين تضم بينها جيوب هوائية صغيرة تعمل على امتصاص الصوت وموجات السونار ، وتنتج هذه الطبقات على شكل قطع مناسبة ثم تلصق بعناية على بدن الغواصة.

١٧- صبغ مضاد للتلاصق لتقليل الاحتكاك.

## ٦-٥ الفحص والاختبار النهائي :

١-نقل الى الحوض الجاف.

٢-تعويم الغواصة في الحوض الجاف واداء اختبار تشغيل أولي للغواصة.

٣-تغطيس الغواصة وفحص الغواصة وفحص اجراءات السلامة واداء اختبار تشغيل .

٤-اعادة تقييم اداء اجزاء الغواصة مع فحص شامل ونهائي .

٥-انزالها الى البحر والخروج في رحلات تجريبية مع سفن مراقبة وانقاذ لحين التأكد واعطاء فحص السلامة النهائي.

تم بعون الله تعالى في يوم الأحد ٢٨ رجب لعام ١٤٣٣ هجريا الموافق ١٧ حزيران ( يونيو ) لعام ٢٠١٢ ميلاديا.

* * * *

لأبداء اية ملاحظات أو استفسارات أو تصحيح لاخطاء لغوية او علمية الاتصال عبر البريد الالكتروني مع جزيل الشكر.

harithaljobory@gmail.com

**المصادر**:

1- Some Aspects of Submarine Design, Part 2. Shape of a Submarine 2026,Prof. P. N. Joubert , University of Melbourne, Defense Science and Technology Organization , DSTO–TR–1920.
2- Some Aspects of Submarine Design , Part 1. Hydrodynamics, *Prof. P.N.Joubert,* Under Contract to Maritime Platforms Division , Platforms Sciences Laboratory, DSTO-TR-1622.
3- Submarine Dive Technology , 2001, Johan J. Heiszwolf.