

## فصل ۲

### بررسی اصول ساختمان کشتی



این تصویر قسمتی از سازه کف کشتی (خن) را نشان می‌دهد.

نوع درس: نظری

کل ساعات: ۳۰ ساعت

ساعات نظری: ۳۰ ساعت

## اهداف کلی

هنرجو باید پس از پایان این فصل قادر باشد:

- ۱ نیروهای وارد بر ساختمان کشتی را بررسی نماید.
- ۲ اجزای ساختمان کشتی و تأثیرشان بر استحکام سازه کشتی را بررسی نماید.
- ۳ تأثیر نیروهای وارد بر قسمت‌های مختلف کشتی را بررسی کند.

## روش تدریس فصل

- ۱ عموماً در ابتدای درس و در جلسه اول به مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیر شود.
- ۲ سعی شود تمامی نکات فنی همراه با دلایل آن بررسی شده و از هنرجویان خواسته شود در مباحث کلاسی و تمرینات شرکت کرده تا بتوانند این نکات را به خوبی فرا گرفته و برای همیشه به خاطر بسپارند.
- ۳ توصیه می‌گردد برای تدریس بهتر این فصل هنرآموز از روش تدریس کلاس معکوس استفاده کند. یعنی از هنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط، مطالعه و یاد گرفته و در کلاس با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهد.
- ۴ پیشنهاد می‌گردد هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب فصل، موارد ذکر شده در بخش‌های دانش‌افزایی را مورد توجه قرار داده و هنگام آموزش آنها را به کار گیرد.
- ۵ توصیه می‌گردد با هدف تقویت مهارت‌های خواننداری و نوشتاری هنرجویان و نیز درک بهتر مطالب، از آنان خواسته شود تحقیق و گزارشات خود را به صورت دست‌نویس در روی کاغذ نوشته و ارائه دهند و تا جای ممکن از کپی کردن مطالب اینترنت به صورت تایپ شده، آماده و خام خودداری شود.
- ۶- فعالیت‌های از قبیل «فکر کنید»، «بحث کنید»، و... برای فعال کردن هنرجویان و به کارگیری اطلاعات، دانسته‌ها و تجربیات آنان است. سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.

## دانش‌افزایی

### شناخت تحذب و تقعر (Hogging and sagging)

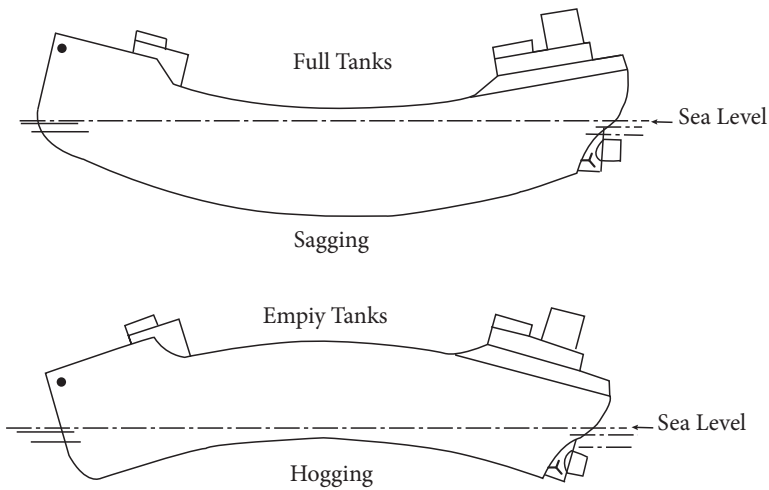
تحذب (Hogging) و تقعر (Sagging) اگر کاملاً مشخص و شدید باشند، شکل طولی کشتی را تغییر داده و حالت خم‌کننده به آن خواهند داد. این فشار ممکن است به دو صورت وارد آید. اول اینکه کشتی در حال حرکت بوده و روی امواج بزرگ قرار گیرد و دوم اینکه بارهای سنگین به‌طور نامتناسب در هنگام بارگیری

روی کشتی قرار دهند.

اگر تیرآهن‌های سقفی و یا تیغه‌های حامل طبقات خم شوند، بیشترین فشار کششی و فشردگی در قسمت بالا و پایین قسمت خم شده به وجود خواهد آمد، و در محلی تقریباً بین این دو قسمت متأثر از فشار، خطی وجود دارد که به آن محور خنثی می‌گویند که فشار وارده در این قسمت متوقف می‌شود. فشار وارده در سایر نقاط به حداقل رسیده و تجمع فشار در مجاورت محور خنثی به بیشترین مقدار خود خواهد رسید. حالت تشکیل Hogging و Sagging بستگی به جهت وارد آمدن نیرو دارد. اگر حجم شناوری میان کشتی به اندازه وزن آن برسد حالت تحذب به وجود می‌آید و در این صورت فشار آب از میان کشتی به طرف بالا وارد شده و در نتیجه، وزن کشتی از سینه و پاشنه آن به طرف پایین وارد می‌آید که اگر کشتی مقاوم ساخته نشده باشد از وسط و از قسمت فوقانی ترک خواهد خورد. در همان شکل، سینه و پاشنه کشتی در فراز موج قرار گرفته و میان آن در فرود موج و در این حالت وزن میان کشتی به اندازه حجم شناوری کشتی می‌رسد و فشار آب از سینه و پاشنه به طرف بالا و وزن کشتی از قسمت میان به طرف پایین وارد می‌آید و امکان اینکه از وسط و از قسمت تحتانی ترک بخورد زیاد است. اگر وزنه‌های سنگین نیز در سینه و پاشنه قرار دهیم، ممکن است حالت تقعر برای کشتی به وجود آید. در حالی که کشتی در میان امواج در حال حرکت است توزیع وزن در سرتاسر طول آن تقریباً یکسان است ولی با افزایش موج، توزیع وزن کشتی در سرتاسر طول آن نیز تغییر فشارهای وارده بیشتر در قسمت تحتانی و گوشه‌های فوقانی شناور اثر می‌گذارد. برای خنثی کردن فشارهای وارده به قسمت تحتانی، باید خن کفی را به اندازه کافی محکم بسازند و این عمل بیشتر در اجزای طولی آن انجام می‌شود. در بخش فوقانی نیز برای جلوگیری از ترک خوردن یا پیچیدگی، سعی می‌کنند دیواره‌های طبقات را ضخیم‌تر و محکم‌تر انتخاب نمایند و برای استحکام بیشتر از تیغه‌های حامل L شکل برای کنار دیواره‌های طبقات، به خصوص در طبقات بالاتر استفاده می‌کنند. کشتی‌های طویل‌تر بیشتر تحت تأثیر این نیروها قرار می‌گیرند لذا در ساخت این گونه کشتی‌ها از فلزات خاصی که بتوانند در مقابل این فشارها مقاومت نماید، در ساختمان تیغه‌های فلزی خن کفی یا دو جداره و نیز در دیواره‌های طبقات استفاده می‌نمایند.

همچنین در ساختمان خن کفی از تیرآهن‌های طولی خیلی محکم و در تیغه‌های حامل طبقات از فلزات خاصی که برای این منظور ساخته شده استفاده می‌شود. با توجه به اینکه میان کشتی بیشتر در معرض این خطر قرار دارد لذا استحکام‌بندی میان کشتی بیشتر از دو انتهای آن ضرورت خواهد داشت. در کشتی‌هایی که طول زیادی دارند فشارهای وارده در جهت طولی در مجاورت محور خنثی مسئله بسیار مهمی است. لذا گاهی اوقات لازم است که استحکام دیواره زیرین بدنه را از قسمت

خن کفی تا نصف طول آبخور و استحکام طولی آن را تا  $1/4$  طول کشتی تا سینه و پاشنه ادامه داد.



با توجه به شکل‌های زیر درباره علت ایجاد شکست بدنه کشتی‌ها در کلاس بحث و گفتگو کنید.

بحث کلاسی



در شکل بالا به علت بارگیری نامناسب کشتی دچار تحدب شده و به قسمت کناری بالایی عرشه فشار وارد آمده و تیرهای کناری دچار خمش شده و باعث شکست کشتی شده است.



در شکل بالا دچار تقعر شده و به قسمت زیرین کشتی فشار وارد شده و باعث شکست در بدنه کشتی گردیده است.

تحقیق

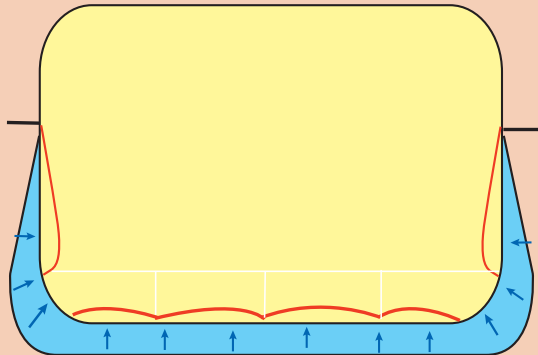


تحدب و تقعر بر کشتی چه اثراتی می‌گذارد؟  
در حالت تحدب فشار آب از میان کشتی به طرف بالا وارد شده و در نتیجه، وزن کشتی از سینه و پاشنه آن به طرف پایین وارد می‌آید که اگر کشتی مقاوم ساخته نشده باشد از وسط و از قسمت فوقانی ترک خواهد خورد.  
در حالت تقعر وزن میان کشتی به طرف پایین وارد شده که اگر کشتی مقاوم ساخته نشده باشد از وسط و از قسمت تحتانی ترک خواهد خورد.

فعالیت



طرحی از چگونگی ایجاد تپش سینه رسم کنید و در کلاس ارائه نمایید.



#### تحقیق



تأثیر موج بر ایجاد شش درجه آزادی کشتی چگونه است؟  
۱ در صورتی که امواج از پهلو بیایند باعث حرکات **Swaying\_Heaving\_Rolling** می شوند.  
۲ در صورتی که امواج از سینه باشند حرکات **Pitching\_Surging\_Heaving** می شوند.  
۳ و اگر امواج از راست یا چپ سینه بیایند هر شش حرکت را ممکن است در کشتی ایجاد نمایند.

#### تحقیق



در کشتی های دو جداره برای جلوگیری از آسیب دیدن بدنه کشتی از فشار ناشی از داک چه فکری شده است؟  
در این نوع کشتی ها کف کشتی را مقاوم تر می سازند و دو جداره بودن آن باعث می شود در صورت آسیب دیدن بدنه به قسمت های دیگر نفوذ نکند.

#### فعالیت



در صورت وجود حوضچه خشک در محل اقامت خود از آنجا بازدید کنید و از محل تماس بلوک ها با بدنه کشتی های که بر روی حوضچه عکس گرفته و در کلاس ارائه نمایید.  
سعی شود که از فرو رفتگی های روی بدنه به دلیل فشار بلوک های حوضچه عکس گرفته شود.

#### تحقیق



چه مقاطع فلزی دیگر ممکن است در ساخت کشتی استفاده شود؟  
**Plates** با ورقه های فلزی (تصویر ۱): یکی از قسمت های اصلی و مهم ساخت کشتی ورقه های فلزی بدنه آن است.  
**Rectangularbar** با میله های مکعب شکل (تصویر ۲): این میله ها کاربردهای مختلف دارد، از جمله می توان از آن برای ستون های سینه کشتی و غیره استفاده کرد.  
**Round Bars** با میله های گرد (تصویر ۳): میله های گرد فلزی هستند و در قسمت هایی که به ستون های کوچک نیاز است از آن استفاده می شود.  
**Half RounBars** یا میله های نیمه (تصویر ۴): میله های گرد فلزی برش داده شده طولی هستند که گاهی به عنوان قطعات ساینده و غیره از آن استفاده می شود.

**Angle Bars** نبشی‌ها (تصویر ۵): این نوع نبشی‌ها برای اتصال قسمت‌های مختلف به یکدیگر و یا برای استحکام ورقه‌های فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**Bulb Angles** (تصویر ۶): نوع دیگری از نبشی است که یک لبه آن بزرگ‌تر بوده و انتهای لبه به صورت گرد یا پیازی در آمده تا باعث استحکام بیشتر آن شود. این نوع نبشی از نبشی هم اندازه خود که لبه آن گرد نشده، محکم‌تر و قدرت آن بیشتر است.

**Channel Bars** یا نبشی‌های کانالی (تصویر ۷): محکم‌تر از نبشی قبلی بوده و در جایی که استحکام زیادی مورد نیاز باشد از آن استفاده می‌شود.

**Zed Bars** یا نبشی‌های **Z** شکل (تصویر ۸): نبشی‌های **Z** شکل شبیه به نبشی‌های کانالی بوده، غیر از اینکه یک لبه آن برگشته است و غالباً کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**H - Sections** یا قسمت‌های **H** شکل (تصویر ۹): میله‌هایی **H** شکل بوده و دارای اجزای بسیار محکمی هستند. معمولاً از آن استفاده نمی‌شود ولی در جایی که قدرت خیلی زیادی مورد نیاز باشد به کار می‌رود.

**T- Bar** یا میله‌های **T** شکل (تصویر ۱۰): گاهی برای منظورهای خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند، مثلاً در زیر عرشه چوبی به عنوان تیرهای افقی به کار می‌روند.

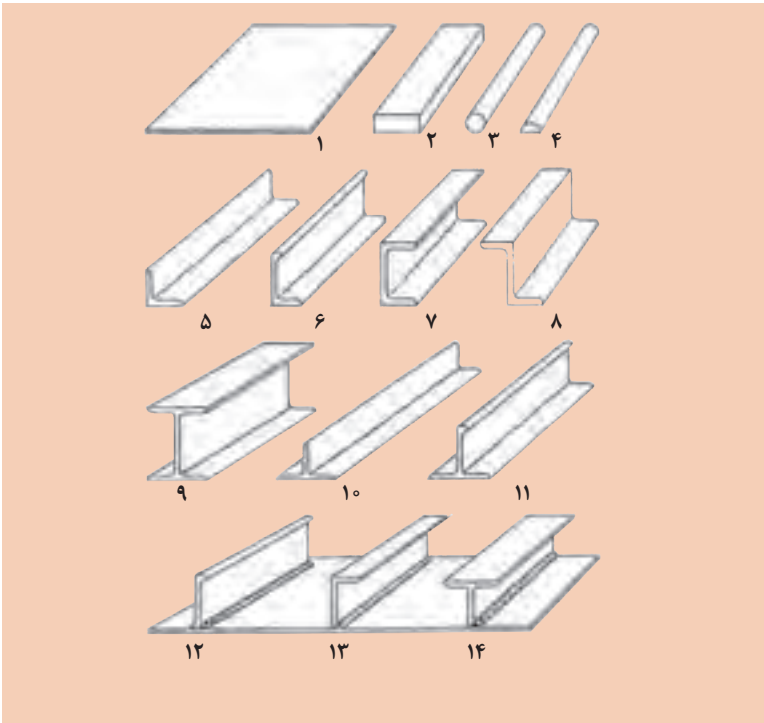
**T Bulb Bars** یا میله‌های **T** شکل گرد شده (تصویر ۱۱): قدرت آن از میله‌های **T** شکل بیشتر است.

**Bulb Plate** (تصویر ۱۲): ورقه‌های فلزی باریکی هستند که یک لبه آن به شکل گرد یا پیازی در آمده باشد. در کارهای جوشکاری، به جای نبشی میخ‌پرچ از آن استفاده می‌شود.

**Inverted Angles** یا نبشی معکوس (تصویر ۱۳): نبشی‌ای است که به صورت = نشان داده شده در تصویر **N**، به ورقه فلزی جوش داده می‌شود و کاربرد آن مانند نبشی‌های کانالی است.

**Inverted T Bars** یا نبشی **T** شکل معکوس (تصویر ۱۴): گاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این نبشی نیز برای شکل دادن قسمت‌هایی که نیاز است **H** شکل باشند، به ورقه‌های فلزی جوشی داده می‌شود.





با هماهنگی مدیر از یک کشتی بازدید کرده (ترجیحاً از موتورخانه) و با کسب اجازه از فرمانده کشتی از اتصالات ذکر شده در بالا عکس تهیه کرده و توسط پرده نگار در کلاس ارائه نمایید.

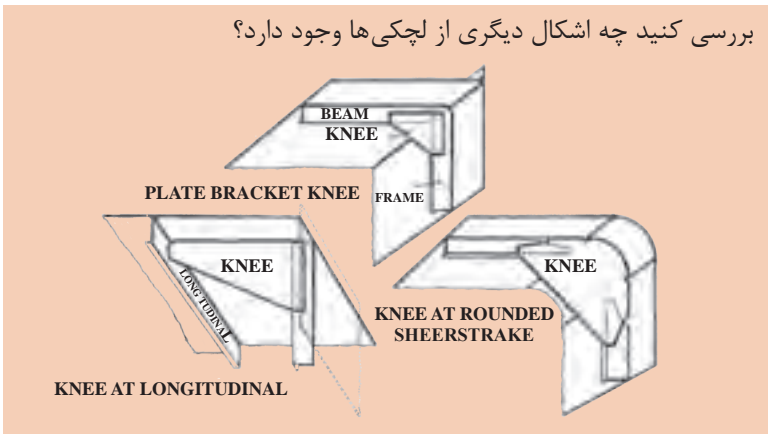
فعالیت



تحقیق



بررسی کنید چه اشکال دیگری از لچکی ها وجود دارد؟



فعالیت



با هماهنگی مدیر از یک کشتی بازدید کرده و با کسب اجازه از فرمانده کشتی از تقویت کننده و اتصالات محکم کننده عکس تهیه کرده و توسط پرده‌نگار در کلاس ارائه نمایید.

بحث کلاسی



فضای بین Duct keels چه کاربردی دارد؟  
این فضا برای عبور لوله‌ها و کابل‌ها بسیار مناسب می‌باشد. به همین جهت این مکان برای عبور لوله‌های بعضی سامانه‌های لوله‌کشی و کابل‌های برق کشتی استفاده می‌شود.

نمایش فیلم



فیلم مربوط به فضای Duct keel را نمایش دهید.

تحقیق



در حوضچه خشک، بلوک‌های چوبی در چه قسمت‌هایی از بدنه خارجی کشتی قرار می‌گیرند؟  
برای قرارگیری کشتی بر روی بلوک‌های حوضچه سعی می‌گردد نقشه Docking آن طوری طراحی گردد تا بلوک‌ها بر روی Web Frame ها قرار گیرند.

فعالیت



با جستجو در اینترنت عکس‌هایی از اسکلت‌بندی کشتی‌های مختلف تهیه و آنها را با هم مقایسه کنید.

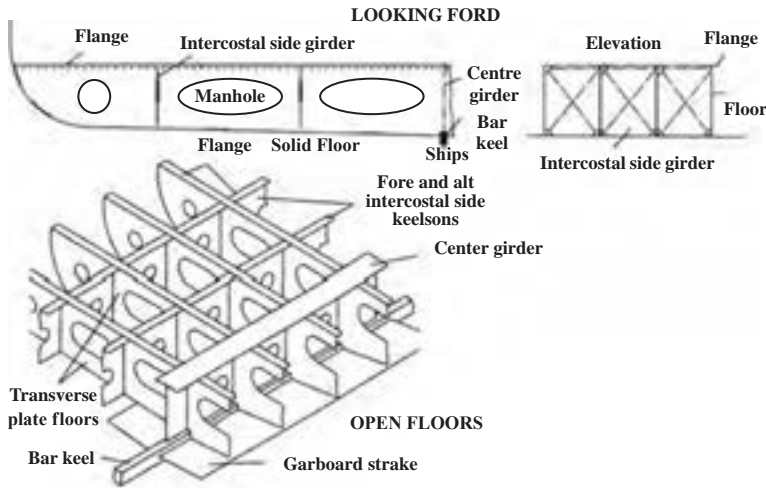
## دانش افزایی

### کف تک جداره

در کشتی‌هایی که دارای کف تک جداره هستند، ورق‌های کف توسط تیرچه‌ها یا تقویت کننده‌هایی که در فضای بین فریم‌ها به صورت عمودی بر روی ورق‌ها قرار می‌گیرند تقویت می‌شود. در خط مرکزی گیردر مرکزی (center girder) نصب شده است و در هردو طرف از خط مرکزی در جایی که عرض کشتی کمتر از ۱۰ متر است یک گیردر جانبی (side girder) در کناره‌ها نصب می‌شود. در جایی که عرض کشتی بین ۱۰ تا ۱۷ متر باشد، دو گیردر جانبی نصب شده‌اند و اگر نسبت عرض به طول کف بزرگ‌تر از ۴ باشد تعداد گیردرهای مرکزی یا جانبی افزایش می‌یابد. این گیردرها در قسمت فوقانی آن تقویت شده و معمولاً از سینه تا پاشنه

امتداد دارد.

در شکل زیر ساختمان کف تک جداره نشان داده شده است و همچنین تصویر سه بعدی استقرار سازه‌های گیردر مرکزی و گیردر جانبی و به عبارتی گیردرهای کامل و گیردرهای منقطع نیز نمایش داده شده است.



در بخش‌هایی از کف کشتی که مخصوص حمل کالا است و به‌طور کلی در بخش‌هایی که احتمال صدمه دیدن پوسته کف کشتی در اثر جابه‌جایی یا بارگیری وجود دارد، یک لایه از چوب بر روی کف گسترده شده تا احتمال صدمه و آسیب پوسته به حداقل برسد.

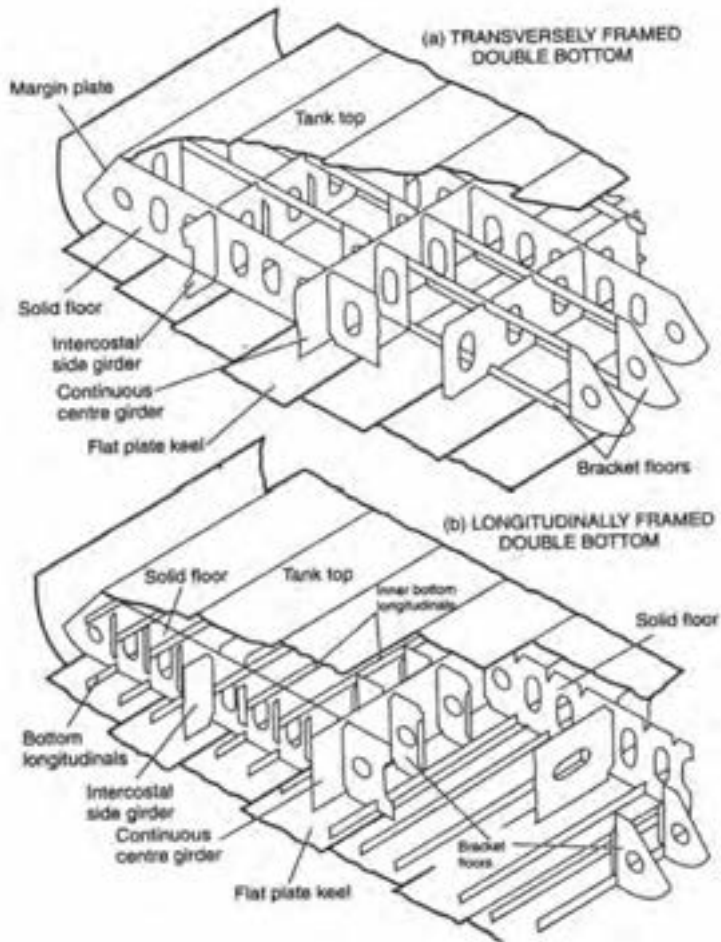
### ساختمان کف دوجداره کشتی

کف داخلی (ارتفاع مخزن کف کشتی) در فاصله کمی از پوسته یا کف بیرونی کشتی قرار گرفته و فضای بین این دو کف ضدآب بوده و این امر باعث به‌وجود آمدن حاشیه امنیتی قابل ملاحظه‌ای در صورت صدمه دیدن کف بیرونی کشتی شود. از این فضا برای حمل سوخت و آب شیرین موردنیاز برای کشتی استفاده می‌شود به طوری که به‌خوبی تعادل و پایداری کشتی را نیز تأمین می‌نماید.

حداقل عمق کف دوجداره و یا به عبارتی ارتفاع گیردر مرکزی توسط مؤسسات رده‌بندی بر اساس قوانین وضع شده تعیین می‌گردد. در بعضی مواقع جهت افزایش ظرفیت سوخت و آب شیرین و آب شور جهت تعادل، می‌توان ارتفاع گیردر را افزایش داد. مخازن بالاست کف دوجداره جهت ایجاد میل طولی یا تریم (trim) مناسب کشتی نیز به‌کاربرده شده و لذا در صورت لزوم می‌توان عمق این مناطق را

افزود. همچنین در قسمت موتورخانه جهت افزایش ظرفیت روغن و سوخت عمق این مناطق نیز اضافه می‌گردد.

فریم‌بندی کف دوجداره به صورت طولی یا عرضی بوده، ولی برای کشتی‌های با طول بزرگ‌تر از ۱۲۰ متر، فریم‌بندی طولی مناسب‌تر می‌باشد. چرا که اگر از فریم‌بندی عرضی استفاده شود، امکان ایجاد تاب و پیچ خوردگی کف دوجداره وجود دارد (شکل زیر). این پیچ خوردگی در اثر ایجاد گشتاور خمشی طولی بر بدنه می‌باشد که البته می‌توان با اتصال ورقه‌های طولی، کف دوجداره را تقویت نمود.

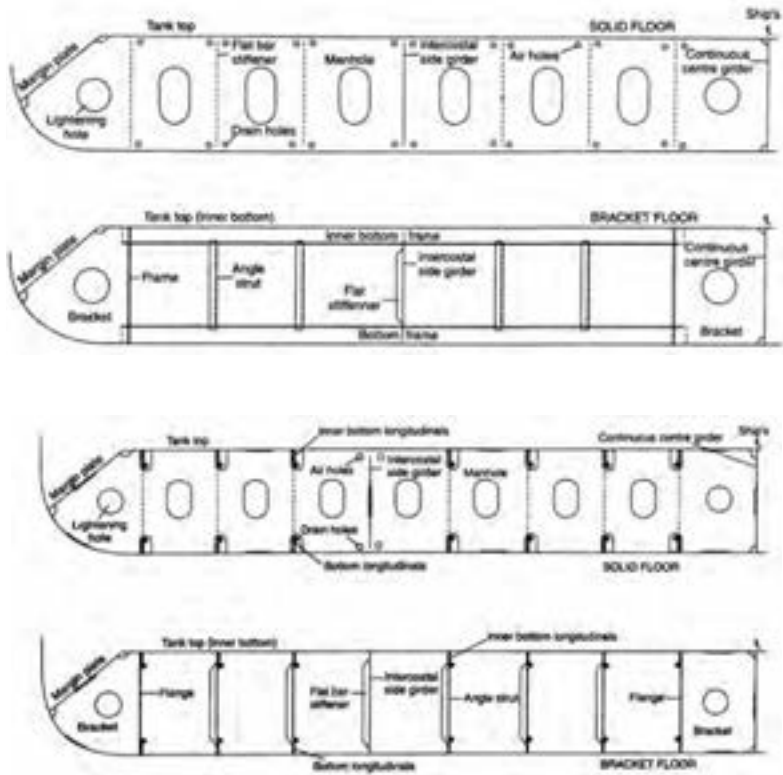


## ورق کاری کف داخلی

کف داخلی در کناره‌ها کمی به طرف پایین شیب داده شده است تا در بالای کف داخلی فضایی به شکل خن در کناره‌ها ایجاد شده و عمل تخلیه مایعات جمع شده بر روی کف داخلی راحت‌تر صورت پذیرد. این مورد بیشتر در کشتی‌های باربری عمومی دیده می‌شود. در کشتی‌هایی که نیاز به اخذ گواهینامه مسافربری دارند لازم است که عمق مخازن کف دوجداره در کناره افزایش یابد. این عمل درجه ایمنی را برای قسمت‌های خمیده ته کشتی که ممکن است صدمه ببیند بالا برده و باعث جلوگیری از نفوذ آب به فضای بالای کف داخلی شود. استریک وسطی کف داخلی (middle strack) در خط مرکزی بر روی لبه بالایی گیردر مرکزی جوش داده می‌شود و به این ترتیب سازه کیل تکمیل می‌گردد و چون در استحکام سازه‌ای بدنه نقش دارد، معمولاً ضخیم‌تر و سنگین‌تر از استریک‌های طولی کف داخلی می‌باشد. روی کف داخلی در قسمت مخازن کارگو لایه‌ای از چوب جهت محافظت از کف داخلی کشیده می‌شود. البته می‌توان در این قسمت‌ها با اضافه کردن ضخامت ورقه‌ها، این لایه را حذف کرد. اگر برای تخلیه کشتی‌های باربری عمومی از قلاب و چنگک استفاده شود ضخامت ورق‌ها باز هم اضافه می‌شود و یا دو لایه چوب بر روی کف کشیده می‌شود.

## کف کشتی (floor)

ورقه‌های کف در امتداد طول کشتی بر روی فریم‌بندی‌های عرضی و طولی ته کشتی جوش داده می‌شود به گونه‌ای که ضد نفوذ آب باشد. در روی ورقه‌های کف، دریچه‌های ضدآب جهت دستیابی به قسمت کف دوجداره تعبیه شده است. solid plat floor ورقه‌هایی هستند که به‌طور عمودی مابین فریم‌ها به‌صورت عرضی قرار گرفته و متصل شدند تا کف داخلی را تقویت نمایند که از گیردر مرکزی تا کناره‌ها امتداد یافته‌اند. سوراخ‌هایی بر روی این ورق‌ها جهت دسترسی به مخازن و سبک‌تر شدن سازه در نظر گرفته شده است و در انتهای مخازن کف یا دیواره‌های اصلی این ورقه‌ها به‌صورت کامل جهت آب‌بندی بین دو کف و فریم‌ها جوش داده می‌شود. فاصله بین این ورقه‌ها با توجه به بارگذاری و تنش‌های اعمالی به کف تعیین می‌گردد و در موقعیت‌های طولی مختلف بین این ورقه‌ها، گیردر مرکزی را توسط برکت‌هایی مطابق شکل‌های زیر تقویت می‌نمایند.



### نشیمن گاه ماشین آلات

نشیمن گاه ماشین آلات با افزودن تعداد بیشتری از ورقه‌های عمودی عرضی کف و گیردرهای جانبی منقطع، استحکام و انعطاف‌پذیری سازه در این ناحیه را تأمین می‌نمایند.

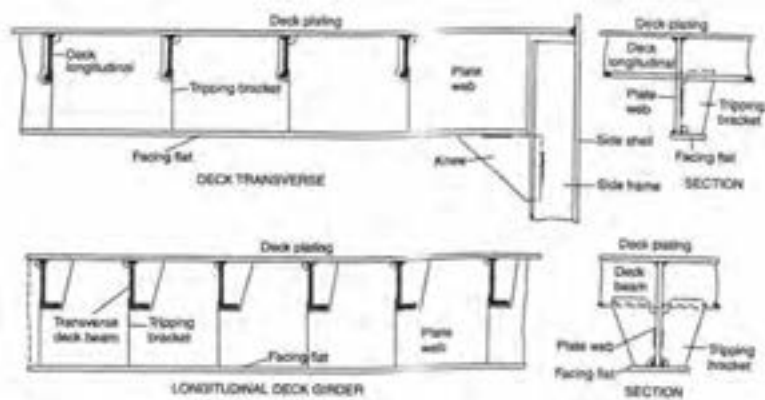
به‌طور کلی نشیمن گاه موتورهای اصلی تمام کشتی‌ها بر روی کف داخلی نصب شده و ضخامت ورق داخلی در این ناحیه نیز بایستی افزایش یابد. اغلب ماشین‌آلات در امتداد طولی بر روی کف دوجداره نصب می‌شوند و در نقاط اتصال توسط براکت‌های عرضی و گیردرهای جانبی تقویت می‌شوند (شکل صفحه بعد را ببینید). وضعیت نشیمن گاه دیگر نیز به همین ترتیب می‌باشد.



مسافران به عرشه‌های مختلف و در موتورخانه جهت ورود تجهیزات و ماشین‌آلات به داخل آن و خارج کردن احتمالی آنها برای تعمیرات اساسی و همچنین تأمین کننده روشنایی و هوا برای این فضا می‌باشد. سوپراستراکچرهایی بر روی این بریدگی‌ها به منظور پوشش آنها و ایجاد اماکن زیست و پل فرماندهی در نظر گرفته شده است. روی بالاترین عرشه کامل، در سینه و پاشنه کشتی انبارها و فضاهایی ایجاد شده که به ترتیب به نام‌های forecastle و poop deck معروف‌اند و جهت حفاظت بیشتر دو انتهای کشتی در دریا در نظر گرفته می‌شود.

عرشه‌های آزاد دارای کمی کمانش به بالا هستند (camber)، به خصوص در کشتی‌های کانتینربر ایجاد این حالت در عرشه‌های آزاد باعث استحکام بیشتر عرشه در برابر کمانش دک‌ها در اثر بارگذاری‌ها بر روی عرشه خواهد بود. عرشه‌های پایین‌تر که دارای طول کوتاه‌تری هستند به صورت تخت ساخته می‌شوند.

ورق عرشه‌ها با تیرچه‌ها (stiffeners) و تیرهای طولی و عرضی (longitudinals & deck beams) تقویت می‌شوند و همچنین میزان تقویت‌کننده‌ها در نواحی بریدگی‌های ایجاد شده در عرشه افزایش می‌یابد مطابق شکل زیر. تقویت‌کننده‌های طولی عرشه توسط فریم‌های عرضی و تقویت‌کننده‌های عرضی توسط فریم‌های طولی تقویت می‌شوند.

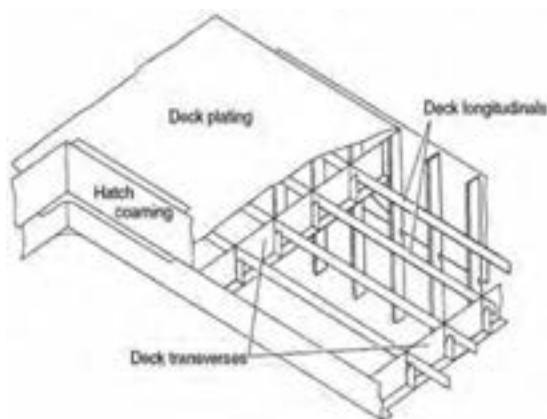
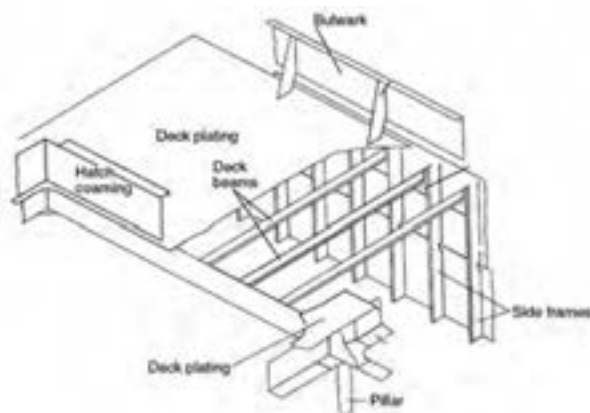


### ورق کاری عرشه‌ها

مجاور هیچ‌ها ضخامت ورق‌ها، کیفیت ورق‌ها و میزان جوشکاری ورق عرشه‌ها افزایش می‌یابد. ورق عرشه کمی به داخل هیچ ادامه می‌یابد. این کار در افزایش استحکام طولی عرشه و کاهش وزن مجموعه عرشه و تقویت‌کننده‌ها مؤثر است. با توجه به اینکه تنش‌های خمشی در وسط طول کشتی ماکزیمم خواهد بود، لذا ضخامت ورق عرشه‌ها در وسط کشتی تا محدوده ۴۰ درصدی طول کشتی ضخیم‌تر



بوده و از این محدوده به طرف سینه و پاشنه ضخامت ورق‌ها به تدریج کاهش می‌یابد. البته در مناطقی که میزان تنش‌ها بالاتر باشد، ضخامت ورق‌ها در نواحی مورد نظر افزایش می‌یابد. از جمله این نواحی می‌توان به جاهایی که لیفت تراک‌ها، جرثقیل‌ها، فعالیت می‌کنند و یا مخازن عمیق اشاره کرد. درجه بندی ورق برای ضخامت ورق‌ها تا ۳۰ میلی‌متر از نوع فولاد با گرید B و تا ضخامت ۴۰ میلی‌متر با گرید D بوده که در محدوده وسط کشتی، نواحی اتصال سوپرستراکچرها به عرشه و هچ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. نوع ورق استرینگر (استرینگر نوار طولی کناری دک که به‌طور عمود به شیراستریک یا دیگر استریک‌های پوسته بدنه کشتی جوش داده می‌شود) در کشتی‌های با طول کمتر از ۲۶۰ متر، اگر ضخامت ورق بیشتر از ۱۵ میلی‌متر باشد فولاد با گرید B و در اماکنی نظیر محدوده وسط کشتی، هچ‌ها در کشتی کانتینربر که ضخامت ورق به بیش از ۲۵ میلی‌متر می‌رسد، فولاد گرید



D می‌باشد. در بخش‌هایی که سردخانه تعبیه می‌گردد، به دلیل اینکه فولادها در دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرند، بسته به ضخامت فولاد از گرید D, B و E استفاده می‌شود. البته تغییرات ضخامت در عرشه‌های دیگر، اما با مقادیر کمتر، مشابه تغییرات ضخامت در عرشه اصلی است. عرشه‌های آزاد توسط لایه‌ای از چوب یا ترکیباتی جدیدتری پوشانیده می‌شود تا نه تنها در زیبایی ظاهری عرشه آزاد، بلکه در کاهش انتقال حرارت به عرشه‌های پایین‌تر مؤثر واقع شود. همچنین در استحکام سازه‌ای عرشه‌ها نیز مؤثر خواهد بود، لذا در عرشه آزاد ضخامت ورق‌ها به دلیل این پوشش کاهش می‌یابد، به خصوص در محدوده‌ای که سوپر استراکچر بنا می‌شود و این پوشش هم وجود داشته باشد، کاهش بیشتر ضخامت ورق عرشه را در پی دارد. البته قبل از نصب این لایه بر روی ورق عرشه، بایستی مسئله خوردگی بررسی شده و اقداماتی جهت کنترل آن در نظر گرفته شود.

سعی می‌شود تا میزان بیرون زدگی ورق دک از دیواره هیچ حداقل باشد و گوشه‌های آن نیز به صورت صاف و قائمه است و لذا بایستی مساحت مقطع ورق دک بزرگ‌تر باشد. معمولاً گوشه ورق عرشه در هیچ‌های بزرگ به صورت کمانی از دایره گرد شده و البته اگر به صورت بیضی درآورده شود به طور قابل ملاحظه‌ای در کاهش تمرکز تنش مؤثر خواهد بود.

#### فعالیت



با هماهنگی مدیر هنرستان از یک کشتی بازدید کرده و با کسب اجازه از فرمانده کشتی از تیرهای سقفی عکس تهیه کرده و توسط پرده‌نگار در کلاس ارائه نمایید.

با هماهنگی مدیر از یک کشتی بازدید کرده و با کسب اجازه از فرمانده کشتی از تیرهای سقفی عکس تهیه کرده و توسط پرده‌نگار در کلاس ارائه نمایید.

#### تحقیق



برای غلبه بر تحذب و تقعر چه تمهیداتی در ساختمان کشتی باید اندیشید؟ برای خنثی کردن فشارهای وارده به قسمت تحتانی، باید خن کفی را به اندازه کافی محکم بسازند و این عمل بیشتر در اجزای طولی آن انجام می‌شود. در بخش فوقانی نیز برای جلوگیری از ترک خوردن یا پیچیدگی، سعی می‌کنند دیواره‌های طبقات را ضخیم‌تر و محکم‌تر انتخاب نمایند و برای استحکام بیشتر از تیغه‌های حامل L شکل برای کنار دیواره‌های طبقات، به خصوص در طبقات بالاتر استفاده می‌کنند. کشتی‌های طولی‌تر بیشتر تحت تأثیر این نیروها قرار می‌گیرند لذا در ساخت این‌گونه کشتی‌ها از فلزات خاصی که بتوانند در مقابل این فشارها مقاومت نمایند، در ساختمان تیغه‌های فلزی خان کفی یا دو جداره

و نیز در دیواره‌های طبقات استفاده می‌نمایند. همچنین در ساختمان خن کفی از تیرآهن‌های طولی خیلی محکم و در تیغه‌های حامل طبقات از فلزات خاصی که برای این منظور ساخته شده استفاده می‌شود. با توجه به اینکه میان کشتی بیشتر در معرض این خطر قرار دارد لذا استحکام‌بندی میان کشتی بیشتر از دو انتهای آن ضرورت خواهد داشت.

#### فعالیت

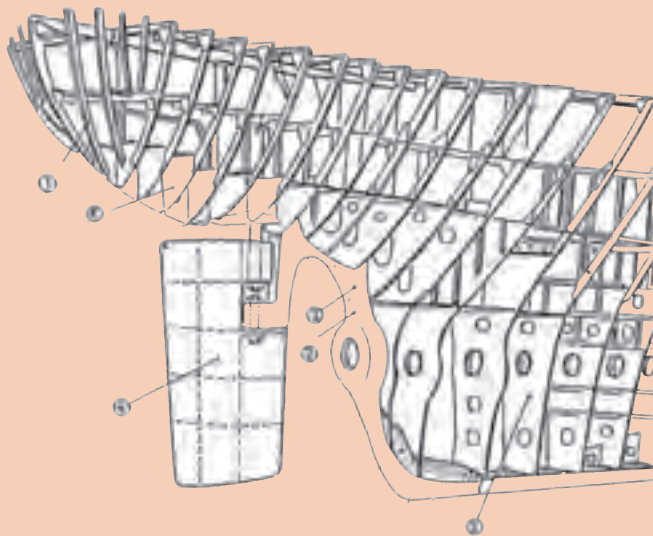


کلمات انگلیسی در شکل ۲۲ کتاب درسی را ترجمه کنید. در فعالیت بالا به دلیل ترجمه نشدن کلمات از هنرجویان بخواهید پیشنهادات خود را ارائه نمایند و بهترین پیشنهادات را در اختیار سرگروه‌های آموزشی قرار دهید.

#### فعالیت



با توجه به شکل زیر اسامی اجزای شماره‌گذاری شده را بیابید.



- Cant frame ۱
- Propeller post ۲
- Sternframe ۳
- Rudder ۴
- Deepfloor ۵
- Floor ۶

بحث کلاسی



بالچه تعادل باید در چه ارتفاعی از کشتی نصب گردد؟  
زیر خط آب‌خور باید نصب شود. اتصال آن به بدنه کشتی باید به دقت انجام شود تا در صورت به گل نشستن کشتی، صدمه‌ای به آن وارد نیاید.

ارزشیابی



جواب ۱-

مقاطع پر کاربرد در ساختمان کشتی	
نام	توضیحات
ورقه‌های فلزی (Plates)	یکی از قسمت‌های اصلی و مهم برای ساختن کشتی، ورقه‌های فلزی بدنه آن است.
تسمه (Flat Bars)	نوارهای باریکی که از ورقه‌های فلزی ساخته می‌شوند.
مقاطع حبیبی (Bulb bar) یا (Holland Bar(HP))	ورقه‌های فلزی باریکی هستند که یک لبه آنها به شکل گرد یا حبیبی در آمده باشد.
نبشی‌ها (Angle Bars) یا (L Bar)	این نوع نبشی‌ها برای اتصال قسمت‌های مختلف به یکدیگر و یا برای استحکام ورقه‌های فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرند.
نبشی‌های کانالی (Channel Bars)	محکم‌تر از نبشی‌های معمولی بوده و درجایی که استحکام زیادی مورد نیاز باشد از آن استفاده می‌شود.
سپری (T- Bar)	به‌عنوان یکی از پرکاربردترین اجزا در ساختمان کشتی استفاده می‌شود.

**جواب ۲-** وقتی لبه سطوح فلزی آزاد تحت فشار قرار گیرد، امکان تاب برداشتن یا کج شدن آن به‌خصوص وقتی که قسمتی از تیرحامل را تشکیل می‌دهد، وجود دارد و در نتیجه قدرت آن کاهش می‌یابد. در این صورت به روش‌های زیر می‌توان آن را تقویت کرد:

۱ با خم کردن قسمتی از لبه آن؛

۲ با جوش دادن یک تسمه روی لبه ورق.

**جواب ۳-** ساختمان کشتی به گونه‌ای است که برای ایجاد استحکام سازه‌ای نیاز

به یک اسکلت بندی دارد. این مهم توسط یک سری اجزای سازه‌ای به نام فریم و شاه تیر اصلی کشتی صورت می‌گیرد.

**جواب ۴-** تیرهای سقفی عبارت‌اند از تیرهای فولادی عرضی یا طولی که ورق عرشه روی آنها قرار می‌گیرد. تیرهای عرضی دارای دو وظیفه عمده هستند:

- ۱ اتصال دو کناره بدنه به یکدیگر.
  - ۲ حفاظت از عرشه‌ها در برابر فشار آب از یک سو و فشار کالا از سوی دیگر.
- تیرهای طولی نیز در استحکام طولی عرشه مورد استفاده قرار می‌گیرند. از انواع پروفیل‌های نبشی، حبابی و سپری به عنوان تیرهای طولی و عرضی استفاده می‌شود.

### جواب ۵-

انواع شاه تیر (Keel)	
نوع شاه تیر (Keel)	توضیحات
Barkeel	در این نوع شاه تیر اصلی بدنه، ارتفاع تیر آهن بین ۳ تا ۶ برابر عرض آن است. طول آن بستگی به طول کشتی دارد که به وسیله صفحات قائم به همدیگر متصل می‌شوند. این نوع شاه تیر اصلی بدنه بیشتر در لنج‌ها و قایق‌ها استفاده می‌شود.
Flat Keels	عرض ورقه‌های فلزی این نوع شاه تیرها می‌تواند ۱ تا ۲ متر باشد. ضخامت آن تا طول کشتی باید یکنواخت حفظ شود ولی مقدار ضخامت می‌تواند به تدریج به طرف دو انتهای کشتی کاهش پیدا کند. تیغه حامل مرکزی به شاه تیر اصلی بدنه متصل بوده و تقریباً روی تیغه حامل مرکزی سطحی موازی با سطح شاه تیر اصلی بدنه به طور یکنواخت در سرتاسر آن جوش داده می‌شود و در این نوع اتصال هرگز نباید جوش دادن به شکل دالبر یا کنگره‌ای انجام شود.
Duct keels	شبیبه به Flat Keels بوده با این تفاوت که به جای یک تیغه حامل مرکزی، دارای دو تیغه حامل مرکزی (Side girder) است. تیغه‌های حامل مرکزی معمولاً بین دیواره‌های ضد تصادم و دیواره جلویی موتورخانه قرار گرفته و تونلی را تشکیل می‌دهد. برای استحکام تیغه‌های حامل مرکزی، از تیغه‌های عرضی قائم و یا لچکی‌ها که غالباً بین شاه تیر اصلی بدنه و صفحه روی تیغه حامل مرکزی قرار دارد، استفاده می‌شود.

**جواب ۶-** به فضای ضد نفوذ آب که بین کف کشتی و کف انبارها قرار دارد، کف دو جداره می‌گویند. کف دو جداره به وسیله صفحات عمودی به قسمت‌های مختلف تقسیم شده و مخازن را تشکیل می‌دهد. در این مخازن در صورت لزوم

می توان آب تعادل، سوخت، آب خنک کننده و یا آب شیرین را جای داد.  
**جواب ۷-** بالچه تعادل برای کاهش دوره تناوب نوسانات عرضی کشتی (Rolling) به کار می رود.  
**جواب ۸-**

جدول - روش های مختلف اسکلت بندی کشتی	
نام روش	شکل و توضیحات
اسکلت بندی با فریم های عرضی	در این روش از فریم های عرضی با فواصل کم استفاده می شود. کاربرد بیشتر این روش در کشتی های چوبی و بادبانی است. در این سیستم استحکام طولی کشتی اهمیت کمتری دارد؛ چون از نظر اندازه طولی نسبتاً کوچک هستند و فشارهای تحدب (Hogging) و تقعر (Sagging) روی آن کمتر اثر می گذارد.
اسکلت بندی با فریم های طولی	با افزایش طول کشتی، تأثیر Hogging و Sagging افزایش یافت و طراحان و سازندگان خیلی زود متوجه این نکته شدند که برای استحکام طولی بیشتر کشتی، به استفاده از فریم های طولی نیاز است به این شرط که تعداد مناسبی از فریم های عرضی نیز به کار گرفته شود. این روش اسکلت بندی دارای معایبی بود؛ تا اینکه سیستم فریم بندی رضایت بخشی اختراع گردید. در این روش، از فریم های طولی در قسمت های مختلف از جمله، قسمت تحتانی، اطراف بدنه و طبقات و از فریم های عرضی نیز برای نگهداری فریم های طولی استفاده شد.
اسکلت بندی ترکیبی یا ادغامی	در این روش به علت اینکه استحکام طولی زیادی مورد نیاز است، در قسمت تحتانی و طبقات کشتی از فریم های طولی ولی در اطراف بدنه آن، از فریم های عرضی استفاده می شود. همچنین استفاده از این نوع اسکلت بندی برای حمایت و تقویت فریم های طولی مناسب است.
اسکلت بندی چهارچوب حفاظ (Cantilever Framing)	این روش برای کشتی های مدرن پیشنهاد می شود که دارای دریچه یا درهای بزرگ انبار با طول و عرض زیادی هستند که در این صورت، دارای عرشه و ستون های عرضی کمی خواهند بود. در نتیجه برای حفظ مقاومت طولی و فشارهای عرضی دارای استحکام لازم نیستند. بنابراین، قدرت و استحکام اصلی کشتی به صورت دیگری پیش بینی شده است. استحکام عرضی آن حتی الامکان با استفاده از فریم های سنگین تر تأمین می شود که آنها را در طرف راست و چپ در انبار قرار می دهند. برای استحکام طولی آن از تیغه های مخصوصی و ورقه هایی به صورت طولی که در زیر طبقات قرار می گیرد استفاده می شود.

**جواب ۹-** اگر رو به سینه کشتی بر روی خط سراسری (Center Line) بایستیم، دست راست ما سمت راست کشتی (StarBoard Side) و دست چپ ما سمت چپ کشتی (Port Side) خواهد بود. سمت راست کشتی را با STB و سمت چپ کشتی را با PS نمایش می‌دهند.

**جواب ۱۰-** برای آدرس‌دهی کمپارتمنت‌ها در کشتی باید بدانیم در بین کدام فریم‌ها، در کدام عرشه و در کدام سمت کشتی قرار دارد.

به صورت کلی همه ساختمان کشتی به دو بخش سازه اصلی (Structure) و روسازه (Superstructure) تقسیم بندی می‌شود. سازه اصلی تا عرشه اصلی (Main Deck) بوده و بالای آن روسازه می‌باشد.

کشتی‌ها به طور معمول به کمپارتمنت‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. کمپارتمنت‌های سمت راست کشتی با شماره فرد و کمپارتمنت‌های سمت چپ کشتی با اعداد زوج نمایش داده می‌شوند. از طرفی کشتی‌ها به یک سری بخش‌های نفوذناپذیر آب تقسیم می‌شوند (Section). این بخش‌ها به ترتیب با حروف انگلیسی بزرگ A, B, C ... مشخص می‌گردند. بنابراین برای آدرس‌دهی یک کمپارتمنت در کشتی که در عرشه ۲ و در بخش B و دومین اتاق در سمت راست کشتی نسبت به خط مرکزی کشتی می‌باشد، آدرس زیر به آن اختصاص داده می‌شود:

۲\_ B\_ ۵

از طرفی در برخی از کشتی‌ها به جای بخش‌های نفوذناپذیر از شماره فریم استفاده می‌شود. برای مثال اگر محفظه‌ای بین فریم‌های ۲۰ تا ۴۵، یک عرشه زیر عرشه اصلی و در سمت راست کشتی واقع شده باشد، به روش زیر آدرس‌دهی می‌کنیم:

Fr ۲۰\_ ۴۵

Deck: D۲

SIDE: STB