

## Сталь в судостроении: от истории до наших дней

«Корабли и самолеты продают президенты», - так говорят руководители судостроительных и авиационных компаний, акцентируя внимание одновременно и на сложности, и на важности своего бизнеса.



И если самолеты производят из крылатых металлов: титана, сплавов алюминия и магния, то основной материал, используемый при строительстве гражданских судов и военных кораблей, – это сталь. Какая именно сталь и в каком виде используется в

[судостроении](#)

? Об этом читайте в нашем блоге.

Украина – уникальное государство. Здесь производят и сталь, и суда. Более десятка судоремонтных и судостроительных заводов на Черном и Азовском море, на Дунае и на Днепре строят и ремонтируют военные катера, баржи, корпуса танкеров и другую морскую и речную технику. Украинское судостроение после нескольких лет застоя начало развиваться и увеличивать закупки металлопроката. Наибольшую долю в закупках судостроителей составляет плоский стальной прокат, произведенный на украинских металлургических комбинатах Группы Метинвест, расположенных в Мариуполе – ММК им. Ильича и Азовстали.



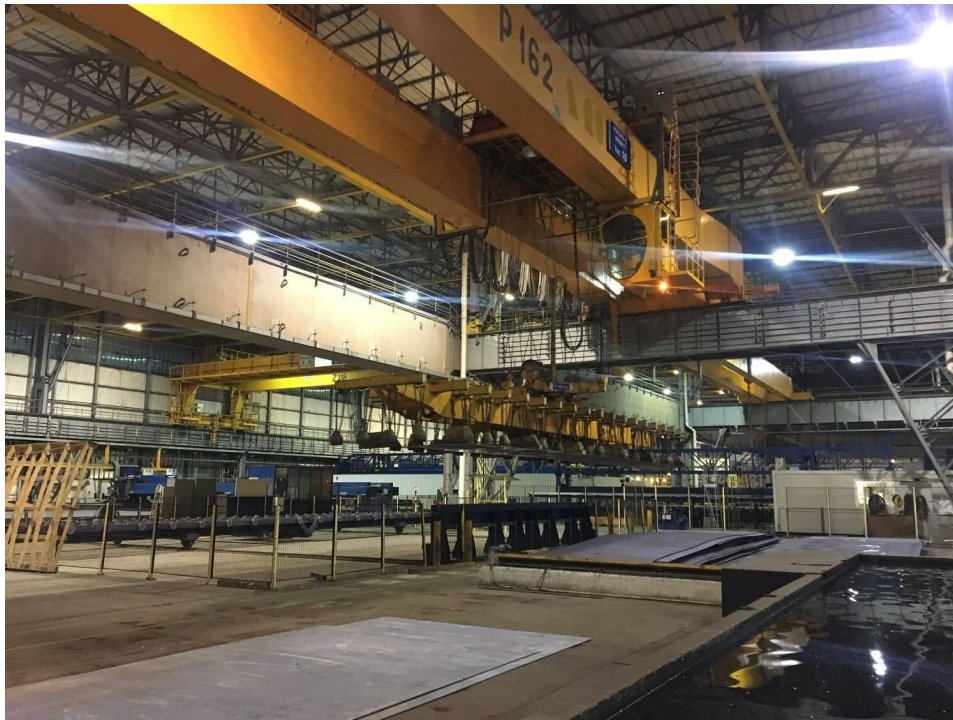
### История судостроительной стали

Сегодня сложно представить корпус корабля не из стали. Но чуть более 100 лет назад все было иначе. Несмотря на то, что железные заклепки в древних кораблях появились еще в X веке, ими соединяли деревянные детали. И так продолжалось на протяжении нескольких веков. Возможно, древние конструкторы думали: «Раз железо тяжелее воды, то такой корабль мигом пойдет ко дну». Но с другой

, которые не обеспечивали достаточные объемы выплавки чугуна и стали, а также должное качество материалов.

Первое судно с корпусом из железа появилось только в конце 18 столетия – это была баржа для речных перевозок. В течение 19 века технологии судостроения изменялись и модернизировались. Если до начала 20 века стальные листы в корпусах кораблей соединялись заклепками, то с 1930-х годов технологии строительства судов и кораблей стали приблизительно такими, какими мы их знаем сейчас. Сегодня во всем мире корпуса торговых судов и военных кораблей производят, разрезая, сгибая и сваривая стальные листы. Это основные технологические операции, отталкиваясь от которых судостроители выдвигают требования к металлургической продукции.

Учитывается и мнение судовладельцев, которым важно, чтобы их судно ходило как можно дольше по морям и океанам без необходимости ремонта механизмов и корпуса в судоремонтных доках. Это в первую очередь касается судов, перевозящих грузы. Свои требования есть и у владельцев круизных лайнеров. Например, они хотят, чтобы корпуса были более легкими, но прочными. Это позволяет выполнять более интересные интерьерные решения, устанавливать дополнительное оборудование для пассажиров.



### **Металлы в судостроении: из чего строятся корабли и суда**

В общении с корабелями важно знать одно простое правило: корабли – это военная техника, суда – гражданская. Но при строительстве и тех, и других сегодня основным материалом являются металлы. Наибольший тоннаж приходится на толстолистовой плоский стальной прокат. Из него производят корпус и надстройки. Но комплектное торговое судно или военный корабль – это сложный механизм, в котором используются и специальные стали, и цветные металлы.

#### **Цветные металлы в кораблестроении**

Медь, алюминий, титан и сплавы – латунь, бронза, дюралюминий – присутствуют в любом судне.

Цветмет, как правило, используется в различном оборудовании или начинке судов и кораблей. И его гораздо меньше по количеству, чем стали. Например, в 2016 году военно-морские силы Испании продали на лом легкий авианосец *Príncipe de Asturias*. В корабле общей массой 8,6 тыс. тонн было чуть более 1,1 тыс. тонн меди (причем, почти 640 тонн – изолированной, то есть кабелей) и около 300 тонн алюминия. Еще немного было бронзы и свинца. Все остальное – около 7,2 тыс. тонн – это черные металлы: сталь и чугун, а также незначительная часть «нержавейки».





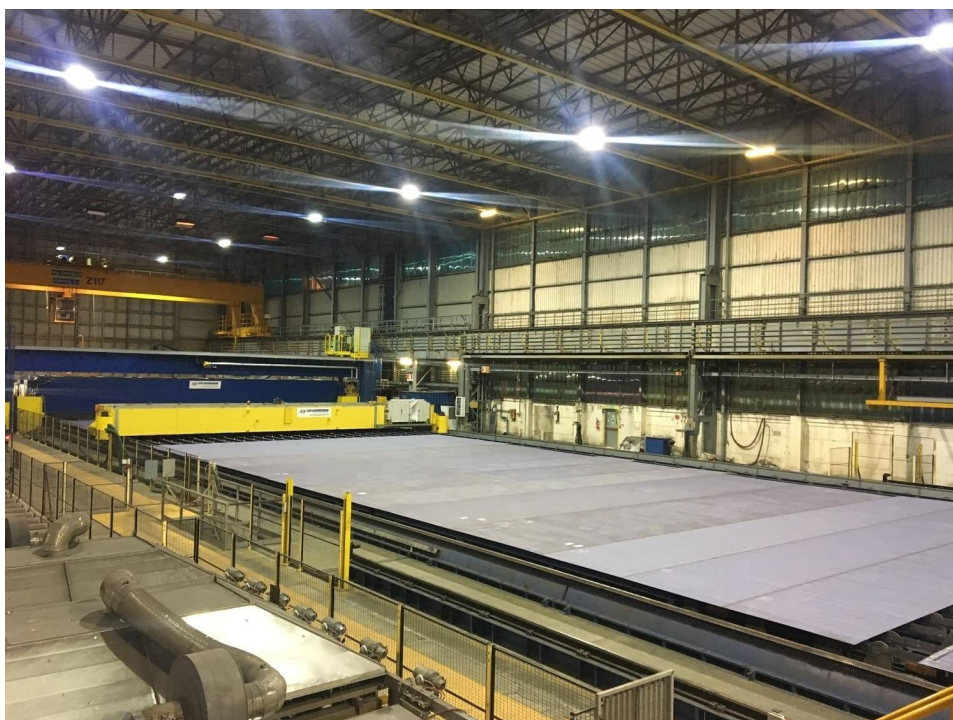
### **Нержавеющая сталь в судостроении**

Почему так мало используется нержавеющей стали? Ведь у нее есть одно важное преимущество для судоходства: высокая сопротивляемость коррозии. Да, в таком металле содержится не менее 12% хрома, благодаря которому на поверхности материала формируется стойкая окисная пленка, которая предохраняет сталь от окисления. При этом нержавеющая сталь сваривается традиционными способами, но с применением специальных режимов, благодаря которым из нее получают прочные, устойчивые к коррозии детали. Но кроме хрома в нержавеющей стали имеется высокое содержание дорогостоящего никеля, который сильно влияет на стоимость конечного продукта.

В связи с этим на практике построить из нержавеющей стали корпус судна – невозможно. Он будет, что называется, «золотым». Но различные «спецстали» используют в судостроении как заменитель цветных металлов: изготавливают облицовку гребных валов, лопаток турбин и др. Кроме того, «нержавейку» можно встретить в плакированной стали. Это двухслойный материал, в котором на конструкционную или низколегированную сталь по специальной технологии тонким слоем наносится нержавеющая сталь (или другой сплав). Таким образом обеспечивается защита от коррозии, но расходы не перерастают в космические.

### **Легированная сталь в кораблестроении**

Для производства наиболее металлоемкой части – корпуса судна или корабля – используется толстолистовой прокат из углеродистых и низколегированных марок стали. У такого проката есть много общего с обычными сталями, используемыми в строительстве, но есть и свои особенности, связанные с условиями эксплуатации.



Зачастую, к стальному прокату, даже типичному для судостроения, выдвигаются дополнительные

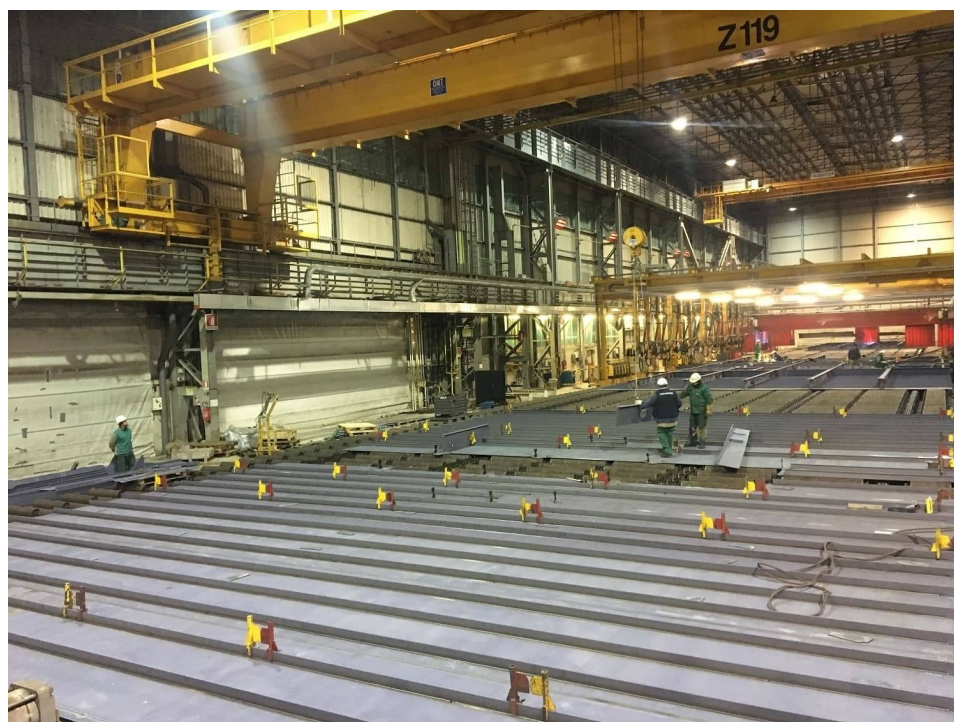
требования, чтобы он имел особые характеристики. В таком случае при выплавке стали к ней добавляют легирующие добавки, которые изменяют и улучшают ее свойства. В качестве такой добавки именно для судостроения, например, используют медь. Наверняка вы можете вспомнить кадры из какого-нибудь фильма о пиратах или отважных путешественниках, где корпус судна ниже ватерлинии оброс ракушками или водорослями и стал тяжелее. Или, наоборот, в процессе длительных морских переходов он проржавел и стал скрытой угрозой для команды корабля.

Сегодня, благодаря медной присадке, готовый стальной прокат в процессе эксплуатации лучше сопротивляется коррозии. А подводная часть корпуса судна, построенная с использованием такой легированной стали, меньше обрастает ракушками и водорослями. Таким образом, снижаются риски получить пробой, и сокращаются затраты на техническое обслуживание.

#### Чугун для деталей судов

Отметим, что на предприятиях черной металлургии, кроме стали, производится еще один вид продукции, используемый в судостроении -чугун. Например, отливки из серого чугуна получаются дешевле стальных, а ковкий чугун обладает повышенными пластическими свойствами и лучше переносит удары. Он используется для рулевых механизмов, корпусов редукторов и других деталей.

#### Требования к судостроительным сталям



Корпус судна постоянно находится в контакте с водой, как пресной речной, так и соленой морской, а также подвергается другим нагрузкам, например, ударам о пирс при швартовке в морском порту. Поэтому материал корпуса должен обеспечивать заданный уровень прочности, пластичности и вязкости, причем в разных температурных условиях. Металлопрокат, используемый при производстве корпусов судов и кораблей должен обладать достаточной стойкостью к коррозии, но при этом легко деформироваться (гибка, резка) и свариваться на верфях.

Чтобы технологические процессы судостроителей проходили максимально гладко, нужны соответствующие материалы. Поэтому на ММК им. Ильича, Азовстали и других предприятиях, которые выпускают толстый лист для судостроения, плавят специальные марки стали, соответствующие характеристикам, которые оговорены в правилах национальных и международных классификационных обществ. Возможность изготовления судолиста подтверждается инспекторами международных сертифицирующих компаний. Что интересно, судостроители разных стран мира выдвигают свои особенные требования к прокату. У металлургических предприятий, работающих в этом сегменте, как правило, есть пара десятков сертификатов соответствия: для клиентов из Европы, Ближнего Востока и Азии.

Среди наиболее известных классификационных обществ:

- Судоходный регистр Ллойда (LR, Великобритания);
- Объединенный регистр Det Norske Veritas Germanischer Lloyd (DNV GL, Германия);
- Bureau Veritas (BV, Франция)
- Американское бюро судоходства (ABS, США) и др.





### Марки сталей для строительства кораблей

С учетом технологии производства и условий эксплуатации, стальной прокат для судостроения должен иметь определенный набор характеристик, который закладывается при выплавке чугуна, стали и в прокатном производстве. Такой металл должен быть стойким к коррозии, отличаться ударостойкостью, высокой текучестью, прочностью, свариваемостью и сопротивляемостью.

#### Основные марки стали для корпусов судов

Металлопрокат для судостроения должен отвечать требованиям Международной ассоциации классификационных обществ (МАКО). Для маркировки стали, которую используют при строительстве корпусов судов, используют унифицированные марки А, В, D, E, F. Они определяются такими параметрами как предел текучести и работа удара при определенной температуре. Кроме того, стали делятся на две основные категории в зависимости от прочностных свойств:

- нормальной прочности, у которых предел текучести не менее 235 МПа (24 кгс/мм<sup>2</sup>)
- повышенной прочности трех категорий с гарантированными пределами текучести 315 МПа (32 кгс/мм<sup>2</sup>), 355 МПа (36 кгс/мм<sup>2</sup>) и 390 МПа (40 кгс/мм<sup>2</sup>).



У сталей нормальной прочности стойкость к хрупкому разрушению оценивается по величине работы удара на образцах с острым надрезом при той или иной температуре. Судостроители марок В, D, E и F должны обеспечивать требуемую работу удара при температурах испытания 0°С, —20°С, —40°С, —60°С, соответственно. А вот листовый прокат из стали марки А вообще не испытывают на ударный изгиб.

Группа Метинвест является заметным поставщиком материалов на украинский и глобальный судостроительный рынок. Толстолистовой плоский прокат Метинвеста производится на прокатном