

## Сталь в суднобудуванні

«Кораблі та літаки продають президенти», - так кажуть керівники суднобудівних і авіаційних компаній, акцентуючи увагу одночасно й на складності, й на важливості свого бізнесу.



І якщо літаки виробляють з крилатих металів: титану, сплавів алюмінію і магнію, то основний матеріал, який використовується при будівництві цивільних суден та військових кораблів, - це сталь. Яка саме сталь і в якому вигляді використовується в

[суднобудуванні](#)

? Про це читайте в нашому блозі.

Україна – унікальна держава. Тут виробляють і сталь, і судна. Понад десяток судноремонтних та суднобудівних заводів на Чорному та Азовському морях, на Дунаї та на Дніпрі будують і ремонтують військові катери, баржі, корпуси танкерів та іншу морську й річкову техніку. Українське суднобудування після декількох років застою почало розвиватися і збільшувати закупівлі металопрокату. Найбільшу частку в закупівлях суднобудівників становить плоский сталевий прокат, вироблений на українських металургійних комбінатах Групи Метінвест, розташованих в Маріуполі – ММК ім. Ілліча і Азовсталі.



### Історія суднобудівної сталі

Сьогодні складно уявити корпус корабля не зі сталі. Але трохи більше 100 років тому все було інакше. Незважаючи на те, що залізни заклепки в давніх кораблях з'явилися ще в Х столітті, ними з'єднували дерев'яні деталі. І так тривало протягом кількох століть. Можливо, стародавні конструктори думали: «Якщо залізо важче за воду, то такий корабель миттю піде на дно». Але з іншого боку їх обмежували середньовічні

, які не забезпечували достатні обсяги виплавки чавуну і сталі, а також належну якість матеріалів.

Перше судно з корпусом із заліза з'явилося тільки в кінці 18 століття – це була баржа для річкових перевезень. Протягом 19 століття технології суднобудування змінювались та модернізувались. Якщо до початку 20 століття сталеві листи в корпусах кораблів з'єднувались заклепками, то з 1930-х років технології будівництва суден і кораблів стали приблизно такими, якими ми їх знаємо зараз. Сьогодні у всьому світі корпуси торгових суден та військових кораблів виробляють, розрізаючи, згинаючи і зварюючи сталеві листи. Це основні технологічні операції, відштовхуючись від яких суднобудівники висувають вимоги до металургійної продукції. Враховується й думка судновласників, яким важливо, щоб їх судно ходило якомога довше морями і океанами без необхідності ремонту механізмів і корпусу в судноремонтних доках. Це в першу чергу стосується суден, що перевозять вантажі.

Свої вимоги є й у власників круїзних лайнерів. Наприклад, вони хочуть, щоб корпуси були легшими, але міцними. Це дозволяє виконувати більш цікаві інтер'єрні рішення, встановлювати додаткове обладнання для пасажирів.



### **Метали в суднобудуванні: з чого будуються кораблі та судна**

У спілкуванні з корабелями важливо знати одне просте правило: кораблі – це військова техніка, судна – цивільна. Але при будівництві і тих, і інших сьогодні основним матеріалом є метали. Найбільший тоннаж припадає на товстолистовий плоский сталевий прокат. З нього виробляють корпус і надбудови. Але комплектне торгове судно або військовий корабель – це складний механізм, в якому використовуються і спеціальні сталі, і кольорові метали.

#### **Кольорові метали в кораблебудуванні**

Мідь, алюміній, титан та сплави – латунь, бронза, дюралюміній – присутні в будь-якому судні.

Кольормет, як правило, використовується в різному устаткуванні або начинці суден і кораблів. Його набагато менше за кількістю, ніж сталі. Наприклад, в 2016 році військово-морські сили Іспанії продали на брухт легкий авіаносець *Principe de Asturias*. У кораблі загальною масою 8,6 тис. тонн було трохи більше 1,1 тис. тонн міді (причому, майже 640 тонн – ізольованої, тобто кабелів) та близько 300 тонн алюмінію. Ще було трохи бронзи та свинцю. Все інше – близько 7,2 тис. тонн – це чорні метали: сталь і чавун, а також незначна частина «нержавійки».



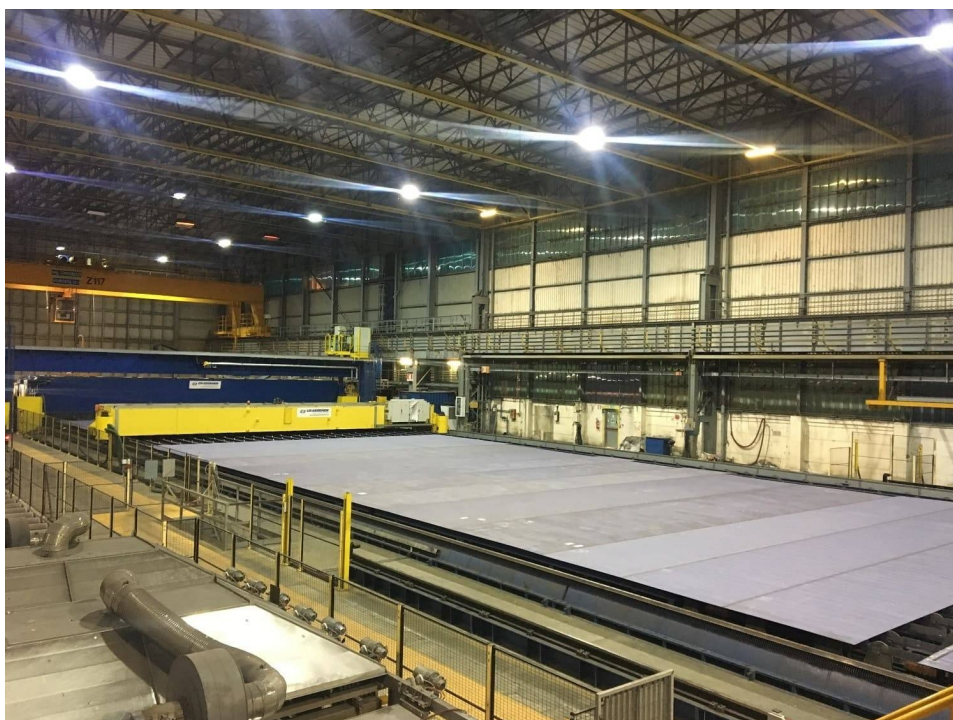
#### Нержавіюча сталь в суднобудуванні

Чому так мало використовується нержавіючої сталі? Адже в неї є одна важлива перевага для судноплавства: висока опірність корозії. Так, в такому металі міститься не менше 12% хрому, завдяки якому на поверхні матеріалу формується стійка окисна плівка, яка оберігає сталь від окислення. При цьому нержавіюча сталь зварюється традиційними способами, але із застосуванням спеціальних режимів, завдяки яким з неї виходять міцні, стійкі до корозії деталі. Але крім хрому в нержавіючій сталі є високий вміст дорогого нікелю, який сильно впливає на вартість кінцевого продукту.

У зв'язку з цим на практиці побудувати з нержавіючої сталі корпус судна – неможливо. Він буде, як то кажуть, «золотим». Але різні «спецсталі» використовують в суднобудуванні як замітник кольорових металів: виготовляють облицювання гребних валів, лопаток турбін та ін. Крім того, «нержавійку» можна зустріти в плакованій сталі. Це двошаровий матеріал, в якому на конструкційну або низьколеговану сталь за спеціальною технологією тонким шаром наноситься нержавіюча сталь (або інший сплав). Таким чином забезпечується захист від корозії, але витрати не переростають в космічні.

#### Легована сталь в кораблебудуванні

Для виробництва найбільш металомісткої частини – корпусу судна або корабля – використовується товстолистовий прокат з вуглецевих та низьколегованих марок сталі. У такого прокату є багато спільного зі звичайними сталями, використовуваними в будівництві, але є й свої особливості, пов'язані з умовами експлуатації.



Найчастіше, до сталевих прокатів, навіть типових для суднобудування, висуваються додаткові вимоги, щоб він мав особливі характеристики. У такому випадку при виплавці сталі до неї додають легуючі добавки, які змінюють і покращують її властивості. В якості такої добавки саме для суднобудування,

наприклад, використовують мідь. Напевно ви можете пригадати кадри з якогось фільму про піратів або відважних мандрівників, де корпус судна нижче ватерлінії обріс мушлями або водоростями і став важчим. Або, навпаки, в процесі тривалих морських переходів він проіржавів і став прихованою загрозою для команди корабля.

Сьогодні, завдяки мідній присадці, готовий сталевий прокат в процесі експлуатації краще чинить опір корозії. А підводна частина корпусу судна, побудована з використанням такої легованої сталі, менше обростає мушлями і водоростями. Таким чином, знижуються ризики отримати пробіоуну, і скорочуються витрати на технічне обслуговування.

#### Чавун для деталей суден

Відзначимо, що на підприємствах чорної металургії, крім сталі, виробляється ще один вид продукції, який використовується в суднобудуванні – чавун. Наприклад, відливки з сірого чавуну виходять дешевше сталевих, а ковкий чавун має підвищені пластичні властивості та краще переносить удари. Він використовується для рульових механізмів, корпусів редукторів та інших деталей.

#### Вимоги до суднобудівних сталей



Корпус судна постійно знаходиться в контакті з водою, як прісною річковою, так і солоною морською, а також піддається іншим навантаженням, наприклад, ударам об пірс при швартуванні в морському порту. Тому матеріал корпусу повинен забезпечувати заданий рівень міцності, пластичності та в'язкості, причому в різних температурних умовах. Металопрокат, використовуваний при виробництві корпусів суден та кораблів повинен мати достатню стійкість до корозії, але при цьому легко деформуватись (гнуття, різка) та зварюватись на верфях.

Щоб технологічні процеси суднобудівників проходили максимально гладко, потрібні відповідні матеріали. Тому на ММК ім. Ілліча, Азовсталі та інших підприємствах, які випускають товстий лист для суднобудування, плавлять спеціальні марки сталі, що відповідають характеристикам, які обумовлені в правилах національних і міжнародних класифікаційних товариств. Можливість виготовлення суднолиста підтверджується інспекторами міжнародних сертифікуючих компаній. Що є цікавим, суднобудівники різних країн світу висувають свої особливі вимоги до прокату. У металургійних підприємств, що працюють в цьому сегменті, як правило, є пара десятків сертифікатів відповідності: для клієнтів з Європи, Близького Сходу і Азії.

Серед найбільш відомих класифікаційних товариств:

- Судноплавний реєстр Ллойда (LR, Великобританія);
- Об'єднаний реєстр Det Norske Veritas Germanischer Lloyd (DNV GL, Німеччина);
- Bureau Veritas (BV, Франція)
- Американське бюро судноплавства (ABS, США) та ін.



### Марки сталі для будівництва кораблів

З урахуванням технології виробництва та умов експлуатації, сталевий прокат для суднобудування повинен мати певний набір характеристик, який закладається при виплавці чавуну, сталі та в прокатному виробництві. Такий метал повинен бути стійким до корозії, відрізнятися ударостійкістю, високою плинністю, міцністю, здатністю до зварювання та опірністю.

#### Основні марки сталі для корпусів суден

Металопрокат для суднобудування повинен відповідати вимогам Міжнародної асоціації класифікаційних товариств (МАКТ). Для маркування сталі, яку використовують при будівництві корпусів суден, використовують уніфіковані марки А, В, D, E, F. Вони визначаються такими параметрами як межа плинності та робота удару при певній температурі. Крім того, сталі поділяються на дві основні категорії в залежності від міцнісних властивостей:

- нормальної міцності, у яких межа плинності не менше 235 МПа (24 кгс/мм<sup>2</sup>)
- підвищеної міцності трьох категорій з гарантованими межами плинності 315 МПа (32 кгс/мм<sup>2</sup>), 355 МПа (36 кгс/мм<sup>2</sup>) та 390 МПа (40 кгс/мм<sup>2</sup>).



У сталей нормальної міцності стійкість до крихкого руйнування оцінюється за величиною роботи удару на зразках з гострим надрізом при тій чи іншій температурі. Суднолист марок В, D, E та F повинен забезпечувати необхідну роботу удару при температурах випробування 0°C, —20°C, —40°C, —60°C, відповідно. А ось листовий прокат зі сталі марки А взагалі не випробовують на ударний згин.

Група Метінвест є значним постачальником матеріалів на український та глобальний суднобудівний ринок. Товстолистовий плоский прокат Метінвесту виробляється на прокатному стані 3600 на Азовсталі