

основних динамічних параметрів (частот, форм коливань та критичної швидкості) для підйомних і транспортних установок необхідне для їх правильного проектування та безпечної експлуатації.

Посилання

1. Горошко О.А. Собственные и “сопровождающие” колебания в системах с подвижными инерционными нагрузками // Тр.5-й Междунар. конф. по нелинейным колебаниям. – Т.3. – 1970. – С. 215–220.
2. Горошко О.А., Демьяненко А.Г. О двухволновом характере осесимметричных колебаний цилиндрической оболочки с подвижной нагрузкой // Асимптотические методы в нелинейной механике. – К., 1974. – С.34–41.
3. Горошко О.А., Демьяненко А.Г., Кіба С.П. Двохвильові процеси в механічних системах. – К., 1991. – 188 с.
4. Горошко О.А., Савин Г.Н. Введение в механику деформируемых одномерных тел переменной длины. – К., 1971. – 224 с.
5. Кіба С.П., Дем`яненко А.Г. Узагальнення методу розділення змінних та деякі його застосування в механіці. – К.: НМК ВО, 1991. – 120 с.
6. Каряченко Н.В. Дослідження впливу дискретних включень в розподілене рухоме інерційне навантаження на динаміку канатних пристроїв // XIV Міжнародна конференція «Стратегія якості у промисловості і освіті». – Варна, 2018. – Матеріали у 2-х томах. Т.1. – С. 80-84.

ВИМОГИ ДО ТОВСТОГО ЛИСТА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗАСТОСУВАННЯ ТА УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

¹Проф., старший дослідник Г.А. Кононенко,

^{1,2}доц., канд. техн. наук, Т.В. Кімстач,

¹наук. співр., канд. техн. наук, Р.В. Подольський, ¹мол. наук. співр. О.А. Сафронова

¹**Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова Національної академії наук
України, м. Дніпро, Україна**

²**ННІ «Інститут промислових і бізнес-технологій» Український державний
університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна**

Найбільшими споживаючими галузями товстолистового металу виступають суднобудування, будівництво, машинобудування, виробництво труб великого діаметру та інші. Вимоги щодо товщини, марок сталі, а також до якості товстого листа закріплюються у відповідних нормативних документах та залежать від його подальшого споживання.

В таблиці 1 представлені основні відомості про товстолистовий прокат [1-11].

Таблиця 1 – Основні відомості про товстолистовий прокат [1-11]

Галузь застосування	Параметр		
	Товщина Ширина Довжина, мм	Марки сталі	Стан постачання
Суднобудування	5-200 1500-4000 до 20000	A, B, D, E, A32, D32, E32, A36, D36, E36, A40, D40, E40, F40 та їх аналоги	гарячекатаний, після нормалізації, термомеханічної прокатки, загартування з відпуском
Машинобудування	4-200 1500-4000 до 15000	27MnCrB5, 30MnB5, 38MnB5, C45, S355MC – S960MC, S460Q/QL/QL1 – S960Q/QL/QL1, 09Г2С, 35, 45, 65Г, високоміцні зносостійкі та броньові марки	
Будівництво та мостобудування	6-200 1500-3800 до 20000	S235-S960 за стандартом EN 10025 (ч. 1-6) та їх аналоги; 10ХСНД, 15ХСНД, 09Г2С, Ст.3 та ін.	
Виробництво труб великого діаметру	5-65 500-4800 до 15000	X42 - X120 (API 5L) та їх аналоги; 17ГС, 10Г2ФБЮ, 10Г2ФБ, 07ГБФ та ін.	

У зв'язку зі специфікою суднобудівної промисловості, що передбачає використання міцного, довговічного, стійкого до різного виду деформації та втоми матеріалу, до товстих листів, які використовують у суднобудуванні, висувають наступні вимоги: стійкість до знижених температур; високий рівень корозійної стійкості, зокрема в агресивному середовищі; стійкість до розшаровування та появи тріщин; стійкість до високого рівня вібрацій та радіації; низький рівень магнітних показників; здатність зберігати свої первісні властивості при температурних коливаннях.

Залежно від необхідного рівня міцності для виготовлення сталевих листів для суднобудування застосовують конструкційну сталь нормальної, підвищеної та високої міцності. В таблиці 2 представлені вимоги до механічних властивостей товстого листа для суднобудування [1].

Машинобудування – одна з основних галузей споживання товстолистового прокату з вуглецевих, низьколегованих та легованих марок сталі з нормальною, підвищеною та високою міцністю. Для зниження ваги деталей і корпусів машин широко використовуються високоміцні види прокату (після термомеханічної прокатки або гартування з відпуском) з границею міцності до 1800 МПа. Для обробки високоабразивних порід використовується машинобудівна сталь високої міцності (границя міцності до 2000 МПа) та твердості (до НВ 650).

В даний час гостро стоїть питання підвищення якості виробництва товстолистового прокату для виготовлення бронеперешкод.

Таблиця 2 – Механічні властивості товстого листа для суднобудування [1, 2]

Марка	Товщина, мм	Границя плинності, МПа	Границя міцності, МПа	Відносне подовження, %	Робота удару KV, Дж			Випробування на холодний згин	
					Температура випробування, °C	уздовж	навхрест	b=2a 180°	b=5a 120°
A	≤50	235	400- 490	22	–	–	–	d=2a	–
B					0	27	20	–	d=3a
D					–20				
E					–40				
A27S	≤50	265	400- 510	22	0	31	–	–	–
D27S					–20				
E27S					–40				
A32	≤50	315	440- 590	22	0	31	22	–	d=3a
D32					–20				
E32					–40				
A36	≤50	355	490- 620	21	0	34	24	–	d=3a
D36					–20				
E36					–40				
A40	≤50	390	510- 650	20	0	41	–	–	–
D40					–20				
E40					–40				
A40S	≤50	390	530- 690	19	0	36	–	–	–
D40S					–20				
E40S					–40				

Листовий прокат із броньової сталі повинен мати високу міцність і твердість (до HRC 57-58) при збереженні пластичних характеристик та в'язкості (відносне звуження залежно від засобів ураження від 25 до 40%).

Броньова сталь повинна володіти також комплексом технологічних властивостей [3, 4]: зварюваністю та мінімальною знеміцненням при зварюванні для забезпечення стійкості та живучості зварних з'єднань; оброблюваністю різанням; технологічністю при правці, згинанні, штампуванні.

Важливим завданням для виготовлення броні є надання металу таких властивостей, щоб він міг рівномірно розподіляти кінетичну енергію, з якою він стикається при попаданні снаряда. Це дозволяє значно знизити точкове ушкодження, що, зрештою, і захищає броньову сталь від проникаючих ушкоджень [5].

Вимоги до механічних властивостей листового прокату з броньових сталей наведені в таблиці 3 [6-9].

Складні умови будівництва та експлуатації трубопроводів висувають високі вимоги до якості труб та прокату для їх виготовлення.

Пластичність сталі необхідно забезпечити для запобігання руйнуванню труб у процесі укладання та експлуатації (у разі рухів ґрунту).

Небезпека крихкого руйнування сталі при низьких температурах експлуатації є основною вимогою по частці в'язкої складової у зламі зразків при випробуванні вантажем, що падає (зазвичай не менше 70-90%).

Вимоги до мінімальної величини роботи руйнування ударних зразків Шарпі (KCV) спрямовані на зниження ризику в'язкого руйнування сталі.

Таблиця 3 – Вимоги до механічних властивостей листового прокату з броньових сталей [6-9]

Марка сталі	Товщина, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	Твердість, НВ	δ , %	Ψ , %	Робота удару, Дж, Ударна в'язкість, МДж/м ²
Miilux Protection 400	30-120	≥ 1100	≥ 1400	380-480	≥ 8		≥ 30 по Шарпі, – 40°C, Дж
Miilux Protection 500		≥ 1250	≥ 1600	450-540	≥ 8	–	≥ 25 по Шарпі, – 40°C, Дж
Armox 370T Class 1	40-80	≥ 850	950-1150	300 – 350	≥ 12	–	≥ 30 по Шарпі, – 40°C, Дж
Armox 370T Class 2	3-150	≥ 800	900-1100	280-330	≥ 13	–	40 по Шарпі, – 40°C, Дж
Armox 500 T	3-80	≥ 1250	1450 - 1750	480-540	≥ 8	–	≥ 32 по Шарпі, – 40°C, Дж
4340 TOD, (40XH2MФ)	–	≥ 470	≥ 745	–	≥ 22	≥ 50	–
MARS 190	51-500	–	≥ 900	≤ 388	–	–	–
MARS 240	38-50	≥ 1100	≥ 1600	450-534	≥ 9	–	≥ 16 по Шарпі, – 40°C, Дж
MARS 270	25-75	–	≥ 1700	477-534	–	–	–

На додаток для підвищення експлуатаційних властивостей труб до листового прокату пред'являються вимоги щодо зварюваності, корозійної стійкості, стійкості до сірководневого розтріскування, вмісту неметалевих включень та інше [10].

Механічні властивості листового прокату основних класів міцності для виготовлення нафтогазопровідних труб великого діаметра у стані постачання повинні відповідати нормам, зазначеним у таблиці 4 [11].

Таблиця 4 – Механічні властивості листового прокату для виготовлення нафтогазопровідних труб [11]

Клас міцності	σ_B , Н/мм ²	σ_T , Н/мм ²	δ , %, не менше	KCV при –20°C, Дж/см ² , не менше	ІПГ при –20 °C, %, не менше
X65	550 – 650	450 – 550	22 – 23	100 – 120	70 – 90
X70	590 – 690	490 – 590	22 – 23	100 – 120	90
X80	640 – 750	570 – 670	20	100 – 120	90
X100	760 – 860	720 – 820	–	100 – 120	90
X120	860 – 960	≥ 915	–	100 – 120	90

Найбільш важливі вимоги до котлової сталі в листах - зварюваність, висока міцність і в'язкість, формуваність, тріщиностійкість (в т.ч. при низьких температурах), рівномірність розподілу структурних складових та механічних характеристик за товщиною, шириною та довжиною листа. Через підвищення агресивності речовин, що транспортуються, часто потрібне постачання сталі

для суден з гарантією стійкості в сірководневих середовищах. Для зменшення кількості зварних швів у виробництві великогабаритних ємностей використовується широкий та довгий лист.

Від листового прокату для виготовлення морських платформ та споруд вимагається висока міцність, низькотемпературна в'язкість, корозійна стійкість, зварюваність. Використання конструкцій за умов Крайньої Півночі обумовлює необхідність гарантії значень роботи удару при низьких температурах до -60°C . Для забезпечення надійності виробів в умовах підвищених концентрацій сірководню (наприклад, нижні шари океану) потрібна гарантія стійкості прокату в середовищі H_2S . Сталевий прокат поставляється відповідно до вимог міжнародних та національних нормативних документів, таких як європейський стандарт EN 10225 та американські API Specification 2H, API Specification 2Y.

До прокату для виготовлення веж вітрогенераторів висувають вимоги щодо забезпечення зварюваності, міцності, формованості, корозійної стійкості та тріщиностійкості (в т.ч. при негативних температурах). Для мінімізації кількості зварювальних операцій під час виготовлення веж вітряних електростанцій використовується широкий та довгий лист. Висувають підвищені вимоги до точності розмірів листа та його площинності. Для виробництва елементів веж застосовуються конструкційні марки сталі за міжнародними та національними стандартами (EN 10025, EN 10149, ДСТУ EN 10025 та ін.).

Основними вимогами до товстолистого прокату для будівництва та мостобудування є зварюваність, висока міцність та в'язкість, тріщиностійкість (в т.ч. при низьких температурах), для окремих застосувань – стійкість до атмосферної корозії.

З представленого аналізу випливає, що для всіх категорій товстого листа однією з найважливіших характеристик є зварюваність.

У таблиці 5 представлені рекомендовані параметричні рівняння для оцінювання схильності сталі до утворення гарячих тріщин при зварюванні [12,13].

Таблиця 5 – Рекомендовані параметричні рівняння [12,13]

Параметричне рівняння	Вид оцінки	Галузь застосування
$HCS = \frac{C(S + P + Si/25 + 0,01Ni) \cdot 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V}$	<4 – не схильна <2 – не схильна	Для сталей з $\sigma_B < 700$ МПа Для сталей з $\sigma_B > 700$ МПа
$UCS^* = 230C + 190S + 75P + 45Nb - 12,3Si - 5,4Mn - 1$	<10 – стійка ≥ 30 - схильна	Nb- мікролеговані сталі
$V_{KP} = 19 - 42C - 411S - 3,3Si + 5,6Mn + 6,7Mo$ [мм/мин]	>6 – стійка <1,8 – схильна	Леговані сталі
$\frac{Cr_9}{Ni_9} = \frac{Cr + 1,37Mo + 1,5Si + 2Nb + 3Ti}{Ni + 0,31Mn + 22C + 14,2N + Cu}$	>1,5 при P+S=0,02-0,035 – стійка <1,5 при P+S>0,02 – схильна	Cr-Ni – аустенітні сталі
$L = 299C + 8Ni + 142Nb - 5,5(\% \delta - Fe)^2 - 105$	L > 0 схильна L < 0 не схильна	Аустенітно-феритні сталі

Основними параметрами оцінки схильності сталей до утворення холодних тріщин є вуглецевий еквівалент ($C_{\text{екв}}$) та параметр тріщиноутворення $P_{\text{см}}$. Вважається, що:

- при $C_{\text{екв}} \leq 0,25$ % сталь добре зварювальна;
- при $C_{\text{екв}} = 0,25\% - 0,35\%$ сталь задовільно зварювана;
- при $C_{\text{екв}} = 0,35 - 0,45\%$ – сталь зварюється з обмеженнями;
- при $C_{\text{екв}} > 0,45\%$ - сталь важкозварювальна.

Однак $C_{\text{екв}}$ не враховує наявності у металі зварного з'єднання водню, а так само вплив розтягуючих напружень. Тому для оцінки схильності конструкції до утворення холодних тріщин, з урахуванням впливу кількості дифузійного водню та жорсткості конструкції, використовується наступне параметричне рівняння:

$$P_w = P_{\text{см}} + \frac{H_{\text{зл}}}{60} + \frac{K_0 \delta}{40 \cdot 10^4} \quad (1)$$

де $H_{\text{зл}}$ – кількість дифузійного водню в металі шва, встановлене гліцериним методом [мл/100г], K_0 – постійна, яка залежить від жорсткості конструкції для проби «Теккен 685»(перебуває в межах $200 \div 1000$ Н/мм²), δ – товщина сталі[мм], $P_{\text{см}}$ – параметр, що враховує хімічний склад сталі, визначається параметричним рівнянням Іто-Бессіо:

$$P_{\text{см}} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cr}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{15} + 5 \cdot B \quad (2)$$

При $P_{\text{см}} > 0,286$ можливе утворення холодних тріщин. Рівняння застосовується до низьколегованих високоміцних сталей з низьким вмістом С, при зварюванні з погонною потужністю 17 кДж/см.

Висновок. Листовий прокат є одним з основних видів продукції чорної металургії, що споживається у великих обсягах усіма галузями промисловості. З постійним розвитком виробництва вимоги до комплексу його механічних властивостей та живучості постійно зростають. На підставі проведеного аналізу встановлено, що основними вимогами до листового прокату є поєднання високої міцності і пластичності, стійкість до динамічних навантажень, високі зносостійкість, холодостійкість, корозійна стійкість та добра зварюваність.

Посилання

1. Shipbuilding Steel Plates URL : <http://www.steels-supplier.com/steel-plate/shipbuilding-steel-plate.html>.
2. Classification and application of marine steel. URL : https://www.shipbuilding-steel.com/News/classification-and-application-of-marine-steel_2375.htm.
3. Igor Barenyi, Ondrej Hires, Peter Liptak. Changes in Mechanical Properties of Armoured UHSLA Steel ARMOX 500 After Over Tempering. Problems of Mechatronics. Armament, Aviation, Safety Engineering, 2013, no. 4. Pp. 7-14.
4. Igor Barenyi. Secondary processing of UHSLA ARMOX 500 steel with heat based technologies. University Review, 2012, vol. 6, no. 2. Pp. 6-9.
5. Бабаченко О.І., Кононенко Г.А., Подольський Р.В., Сафронова О.А., Кімстач Т.В. Сталі для броньового захисту. Матеріали IV Міжнародної

- конференції «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід». 2021, С.129-134. URL : https://nmetau.edu.ua/file/-helsinki-2021-v_pechat.pdf
6. Ultra High Hard Armor–Mars 240 For Sale | Bozhong Metal. URL: <http://www.manufacturer.cc/product-detail/mil-dtl-46100-reve-14720288031294656.html>.
 7. MIILUX® DATASHEET MIILUX 400 | 450 | 500 | 530. URL: https://www.miilux.fi/esitteet/datasheet_400450500530032020en_miilux.pdf.
 8. Rosenberg Z. and Dekel E. Terminal Ballistics. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. – 323 p.
 9. Mr. William A. Gooch , Mr. Matthew S. Burkins and Mr. Richard Squillaciotti, Ms. Ros-Mari Stockman Koch , Mr. Hubert Oscarsson , and Mr. Ceri Nash Ballistic Testing of Swedish Steel ARMOX Plate for US Armor Applications. URL : https://www.researchgate.net/publication/292159004_Ballistic_Testing_of_Swedish_Steel_ARMOX_Plate_for_US_Armor_Applications
 10. Change of mechanical properties of high strength linepipe by thermal coating treatment / Y. Shinohara [at al.] // Proceedings 24th International Conference Offshore Mechanics and Arctic Engineering, June 12–17. Halkidiki, Greece. 2005. Pap. OMAE2005-67055
 11. API 5L. Specification for Line Pipe. URL : <https://www.worldironsteel.com/Content/upload/PDF/20179562/API-5L.pdf>.
 12. Гуменюк І.В., Іваськів О.В., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: К.: Грамота, 2006. 512 с.
 13. Биковський О.Г, Пінковський І.В Довідник зварника К.: Техніка, 2002. 448 с.

ФАКТЧЕКІНГ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПЕРЕВІРКИ ДОСТОВІРНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ

Здобувач освіти В. С. Коцур, викладач I категорії Г. В. Хоменко

Відокремлений структурний підрозділ

*«Конотопський індустріально-педагогічний фаховий коледж Сум ДУ»
м. Конотоп, Україна*

Сьогодні важко переоцінити важливість отримання достовірних відомостей та вміння не піддаватися на маніпуляції у засобах масової інформації. Медіаграмотність стає необхідною навичкою, що допомагає не загубитися у потоці інформації. Розвиток технологій, з одної сторони, робить світ набагато відкритішим, знання – доступнішими, а з іншої сторони, без критичного сприйняття інформації жити у такому світі не можливо.

Фактчекінг має на меті перевірку правдивості інформації та попередження поширення міфів та недостовірних даних. Завдання включають