

УДК 621.311:699.018.291

ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СТАЛЕЙ ПОРТОВОГО ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

О. О. НЕМЧУК

Одеський національний морський університет

Розглянуто два важливі чинники, які слід враховувати у розрахунках залишкової довговічності портових конструкцій, експлуатаційного перевантаження та корозійної тривкості зварних з'єднань. Виявлено, що напруження від перевантаження може скласти більше половини розрахункового значення. Важливо також брати до уваги електрохімічну гетерогенність різних зон зварних з'єднань.

Ключові слова: *сталь, деградація, циклічні напруження, механічні властивості, корозійна тривкість.*

Для обґрунтування роботоздатності морських портових конструкцій слід врахувати сумісну дію на матеріал механічних напружень і корозивного середовища. Особливу увагу тут привертає перевантажувальне обладнання, конструкційні сталі якого експлуатуються за жорстких умов циклічного навантаження. Для цього розробляють методи діагностування технічного стану металу таких конструкцій, щоб оцінити залишкову міцність і довговічність [1]. Разом з тим необхідно враховувати, що їх тривала експлуатація зумовлює не тільки зародження та розвиток дефектів, в першу чергу втомних тріщин, але і деградацію механічних властивостей і характеристик втомної міцності сталей [2, 3]. Особливо це стосується зварних з'єднань (ЗЗ) металевих конструкцій перевантажувального обладнання, оскільки вони найвразливіші до структурних змін, перерозподілу шкідливих домішок і формування залишкових напружень. Тут необхідно додатково враховувати особливу чутливість різних зон ЗЗ до експлуатаційної деградації металу [4, 5].

Ризик аварійних відмов різко посилюється під час експлуатації, коли можлива сумісна дія циклічних навантажень та корозивно-наводнювальних середовищ. Корозія конструкційних сталей, особливо пітингова чи виразкова, впродовж багаторічної їх експлуатації зумовлює появу поверхневих дефектів, що слугують концентраторами напружень. За досягнення достатньої глибини з їх дна може зародитися тріщина і за експлуатаційних напружень, нижчих за пороговий рівень втомної міцності. Зазначимо, що ЗЗ властива висока електрохімічна гетерогенність.

Врахування експлуатаційних перевантажень. Портові вантажопідіймальні конструкції зазнають складних видів напружень, які важко враховувати в розрахунках напружено-деформованого стану, тому важливо його експериментально визначати в реальних умовах [6]. Виконали натурний експеримент з вимірювань тензометричним методом напружень у крані. Їх реєстрували впродовж циклу його роботи: підймання контейнера в крайньому положенні візка на консолі, переміщення візка з вантажем на середину прогону крана, опускання вантажу і зворотний холостий хід. Обробляли результати згідно з ГОСТ 25.101-83 “методом дощу” (див. рисунок). Встановили, що реальні напруження більш ніж напо-

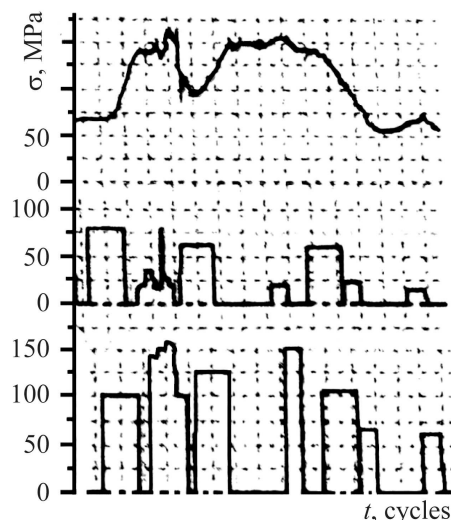
Контактна особа: О. О. НЕМЧУК, e-mail: alnemchuk@gmail.com

ловину перевищили розрахункові, що слід враховувати, розраховуючи напруження найнавантажениших вузлів конструкції за критеріями втомної міцності.

Корозійна тривкість зварних з'єднань. Досліджували 33 сталі СтЗсп перевантажувачів. Ширина металу шва (МШ) 4...6 mm, а зони термічного впливу (ЗТВ) – до 14 mm.

Електрохімічні дослідження виконали на потенціостаті ПИ-50 за триелектродною схемою у 0,3% розчині NaCl: зразок – робочий електрод, допоміжний – платиновий, електрод порівняння – насичений хлоридсрібний. Значення електродних стаціонарних потенціалів E_{st} різних зон 33 визначали після 2 h витримки у середовищі. Для цього заздалегідь на поліровану поверхню 33 нанесли захисний покрив (суміш парафіну і каніфолі в пропорції 1:1), окрім вибраної для електрохімічних досліджень певної зони (площею $\sim 5 \text{ mm}^2$). Корозійну тривкість окремих зон 33 характеризували поляризаційним опором R_p , який визначали методом лінійної поляризації в діапазоні потенціалів, близьких до потенціалу корозії ($\pm 30 \text{ mV}$) [7].

Отримані значення R_p та E_{st} вказують на суттєво вищу корозійну тривкість МШ, ніж основного металу (ОМ) і ЗТВ (див. таблицю).



Напруження σ в елементі конструкції впродовж циклу t навантаження-розвантаження крана та оброблення результатів вимірювань “методом дощу”.

Stresses σ in the construction element in a loading-unloading cycle t of crane and treatment of the results by the “rain method”.

Поляризаційний опір R_p та стаціонарний потенціал E_{st} різних зон 33 у 0,3% розчині NaCl

ОМ		ЗТВ		МШ	
$R_p, \Omega \cdot \text{cm}^2$	E_{st}, V	$R_p, \Omega \cdot \text{cm}^2$	E_{st}, V	$R_p, \Omega \cdot \text{cm}^2$	E_{st}, V
1110	-0,640	1171	-0,649	1408	-0,613

Проте 33 слід розглядати як короткозамкнуту гальванопару. Оскільки електродні потенціали різних зон відмінні, то швидкість корозії певних зон 33 суттєво залежить від значень і знака їх взаємної поляризації. Загалом різниця потенціалів у 33 не перевищує 36 mV. Найвід'ємніше значення отримано для ЗТВ, а найпозитивніше – для МШ. У цій гальванопарі ОМ через набагато більшу площу проти інших зон практично не поляризується. Відповідно, МШ поляризується у від'ємний бік, а ЗТВ (хоч і незначно, \sim на 9 mV) – в позитивний. Отже, катодна поляризація інтенсифікуватиме у МШ катодні реакції і гальмувати анодні, а анодна ЗТВ пришвидшуватиме анодні реакції і гальмуватиме катодні.

Оскільки ОМ не поляризується, то його корозійну тривкість визначатиме тільки опір R_p . Водночас опірність корозії інших зон 33 залежатиме і від R_p , і від знака поляризації. МШ властивий вищий опір R_p , а за додаткового позитивного впливу катодної поляризації його корозійна тривкість зростає. Корозійна тривкість ЗТВ у гальванопарі 33, незважаючи на дещо вище значення R_p металу ЗТВ, ніж

ОМ, внаслідок негативного впливу анодної поляризації буде нижчою, ніж ОМ і МШ. Це вказує на небезпеку появи вибіркової корозії ЗТВ зварного з'єднання.

ВИСНОВКИ

Натурним експериментом встановлено, що напруження від перевантаження під час експлуатації можуть скласти більше половини розрахункового значення, що необхідно брати до уваги, визначаючи міцність і довговічність конструкцій. Під час визначення корозійної тривкості металу різних зон ЗЗ слід враховувати, що їх електрохімічна гетерогенність спричиняє роботу гальванопар, які додатково впливають на інтенсивність корозії. Зокрема, сприяють вибірковій корозії в зоні термічного впливу, що полегшує тут умови для зародження втомних тріщин.

РЕЗЮМЕ. Рассмотрены два важных фактора, которые следует учитывать при расчетах остаточной долговечности портовых конструкций, эксплуатационной перегрузки и коррозионной прочности сварных соединений. Выявлено, что напряжения от перегрузки могут превышать половину расчетного значения. Важно также учитывать электрохимическую гетерогенность разных зон сварных соединений.

SUMMARY. Two important factors, in-service overloading and corrosion of welds, which should be taken into account in estimation of residual lifetime are considered. It is shown that stresses caused by overloading can exceed a half of the calculated level. From the point of corrosion of welds it is important to consider the electrochemical heterogeneity of its different zones what causes selective corrosion in the heat affective zone. Correspondingly the conditions for fatigue crack initiation are easier.

1. *Технічна діагностика матеріалів і конструкцій: Довідн. пос. / Під заг. ред. З. Т. Назарчука. Т. 8: Методи оцінювання залишкової міцності та довговічності елементів конструкцій за даними неруйнівного контролю / О. Є. Андрейків, В. М. Пустовой, Д. В. Рудавський, І. Я. Долінська, П. О. Семенов. – Львів: Простір-М, 2016. – 462 с.*
2. *Пустовой В. М., Реценко О. І., Звірко О. І. Вплив тривалого циклічного деформування на електрохімічну поведінку сталей морських порталних кранів // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2015. – 51, № 1. – С. 111–115.*
(Pustovoi V. M., Reshchenko I. O., and Zvirko O. I. Influence of long-term cyclic deformation on the electrochemical behavior of steels of marine gantry cranes // Materials Science. – 2015. – 51, № 1. – P. 125–130.)
3. *Поліщук Л. К., Харченко Г. В., Звірко О. І. Корозійно-циклічна тріщиностійкість сталі стріли буртоукладника // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2015. – 51, № 2. – С. 77–82.*
(Polishchuk L. K., Kharchenko H. V., and Zvirko O. I. Corrosion-fatigue crack-growth resistance of steel of the boom of a clamp-forming machine // Materials Science. – 2015. – 51, № 2. – P. 229–234.)
4. *Чутливість до водневої крихкості зварного з'єднання сталі 17Г1С магістрального трубопроводу / О. Т. Цирульник, Є. І. Крижанівський, Д. Ю. Петрина, О. С. Тараєвський, М. І. Греділь // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2004. – 40, № 6. – С. 111–114.*
(Susceptibility of a welded joint of 17G1S steel in a gas main to hydrogen embrittlement / О. Т. Tsyruľnyk, E. I. Kryzhanivs'kyi, D. Yu. Petryna, O. S. Taraevs'kyi, M. I. Hredil' // Materials Science. – 2004. – 40, № 6. – P. 844–849.)
5. *Деградація властивостей металу зварного з'єднання експлуатованого магістрального газопроводу / О. Т. Цирульник, В. А. Волошин, Д. Ю. Петрина, М. І. Греділь, О. І. Звірко // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2010. – 46, № 5. – С. 55–58.*
(Degradation of properties of the metal of welded joints in operating gas mains / О. Т. Tsyruľnyk, V. A. Voloshyn, D. Yu. Petryna, M. I. Hredil, O. I. Zvirko // Materials Science. – 2011. – 46, № 5. – P. 628–632.)
6. *Немчук А. О., Стариков М. А. Определение остаточного ресурса металлоконструкций козлового крана // Тр. Одесск. политехн. ун-та. – 2008. – Вып. 2 (30). – С. 36–39.*
7. *Коррозия: Справ. / Пер. с англ. под ред. Л. Л. Шрайера. – М.: Металлургия, 1981. – 632 с.*

Одержано 15.11.2017