

Исследование прочностных характеристик металлического крепежа деревянного корпуса речного причала

Н.Л. Вернези, А.А. Веремеенко, Д.С. Вальдман

Ростовский государственный строительный университет

Аннотация: Представлены результаты исследования крепежа деревянной конструкции речного причала в Ростове-на-Дону, бывшего в эксплуатации в течение более 150 лет. Поскольку крепеж возможно было извлечь из конструкции в единичном экземпляре, не представлялось возможным применять разрушающие методы испытаний. Поэтому механические характеристики металла измерялись с помощью системы неразрушающего контроля «Прочность», разработанной в Ростовском государственном строительном университете и портативным твердомером с ультразвуковым и динамическим датчиками. Установлено примерное соответствие прочностных характеристик исследуемого металла, предположительно кричного железа, характеристикам выпускаемых в настоящее время сталей. Сделан краткий анализ и прогноз возможной дальнейшей эксплуатации конструкции.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, механические характеристики, прочность, диагностика, априорная информация, испытания металла.

При длительной работе металлических элементов конструкции возможны изменения как механических свойств, так и их состояния [1,2]. Основная проблема определяется полным отсутствием каких-либо данных о начальных свойствах и размерах элемента. Так при обследовании конструкции речного причала, находящегося в акватории порта Ростова-на-Дону, с целью оценки возможности его дальнейшего использования, было изучено состояние крепежного элемента деревянного корпуса после приблизительно более 150 лет эксплуатации.

Обследовался предоставленный заказчиком, эксплуатирующим причал, элемент металлического крепежа - кованый гвоздь, извлеченный из деревянного корпуса.

Коррозионное состояние элемента оценивалось разницей диаметров в трех сечениях (у шляпки d_1 , в середине d_2 и у края d_3 стержня гвоздя) до и после удаления шлифовальной машиной слоя ржавчины.

Механические характеристики контролировались с помощью системы неразрушающего контроля «Прочность» [3-7], разработанной в Ростовском государственном строительном университете, имеющей к настоящему моменту десятки апробаций при контроле механических характеристик ответственных металлических конструкций, а для оценки твёрдости измерения дублировались при помощи портативного комбинированного твердомера «МЕТ-УД», зарегистрированного в Государственном реестре СИ под № 22737-02.

Измерения твердости с использованием динамического и ультразвукового датчиков, затем всего комплекса механических характеристик системой «Прочность» производились в местах оценки коррозионного состояния (на d1, d2 и d3) и в торце (на шляпке гвоздя) после шлифования. Система «Прочность» позволяет одновременно определять все основные механические характеристики в любом доступном месте конструкции.

Результаты испытаний приведены в таблице №1.

Из анализа таблицы следует, что значения механических характеристик в трех сечениях металла, полученные системой «Прочность», заключены в границах для:

- твердости - от **119** до **143** НВ;
- предела текучести – от **252** до **287** МПа;
- предела прочности – от **395** до **426** МПа;
- относительного удлинения – от **24** до **27** %.

Таблица №1.

Результаты испытаний, полученные с помощью системы «Прочность»

Измеряемое сечение, d, мм	Коррозионный слой, мм	Твердость НВ, по твердомеру «Мет-уд» с датчиком		Механические характеристики, полученные с помощью системы «Прочность»			
		Динамический	Ультразвуковой	Твердость, НВ	Предел текучести σ_T , МПа	Предел прочности σ_B , МПа	Относит. удлинение, δ , %
1	2	3	4	5	6	7	8
18,7	1,5						
Минимальное		102	100	119	252	395	24
Максимальное		115	143	143	287	426	28
Среднее		105	127	131	268	409	26
18,6	2,6						
Минимальное		98	107	125	260	401	24
Максимальное		119	126	143	287	426	27
Среднее		110	117	135	274	414	25
18,8	2,1						
Минимальное		95	108	120	254	396	26
Максимальное		105	130	129	264	406	27
Среднее		99	118	125	260	402	27
Торец	2,0						
Минимальное		140	149	143	285	425	20
Максимальное		147	170	165	332	467	24
Среднее		144	159	153	307	444	22

Нагартованный торец [8], естественно, имел большие значения прочностных характеристик и меньшее для пластической, а именно для:

- твердости - от **143** до **165** НВ;
- предела текучести – от **285** до **332** МПа;
- предела прочности – от **425** до **467** МПа;
- относительного удлинения – от **20** до **24** %.

При этом значения твердости по твердомеру «МЕТ-УД», принятое как среднее по показаниям ультразвукового и динамического датчика вполне корреспондировалось со значениями твердости по показаниям системы «Прочность».

Среднее значение толщины коррозионного слоя в конечном состоянии гвоздя 2,1мм. Поскольку исходный диаметр гвоздя не известен, но он плотно обжат элементами скрепляемого дерева и гвоздь не имеет утонений в местах, охватываемых деревом, с достаточно высокой вероятностью возможно предположить, что начальный диаметр незначительно отличался от измеренного.

Известно, что дефекты металла (например, при сварочных работах или при механическом повреждении) величиной до 5% от площади сечения не оказывают существенного влияния на несущую способность конструкции.

При среднем диаметре гвоздя в настоящий момент 18,7мм, за приблизительно 150лет эксплуатации потеря площади сечения:

$$\frac{3,14(18,7^2 - 16,6^2)}{4} = 58,2 \text{ (мм}^2\text{)},$$

что составляет 21,2 % или 0,14% в год.

Дата изготовления исследуемого элемента (гвоздя) относится ко времени приблизительно 1830 -1840 годы, т.е. как минимум за 16 лет до изобретения в Англии Бессемером промышленного способа производства стали (1856 год). По всей видимости, крепежный гвоздь, это результат

кричного производства, механические характеристики и химический состав которого стандартизованными методами не определялись.

Прочностные характеристики металла гвоздя на настоящий момент могут быть сопоставимы со Ст3 [9,10], по пределу текучести (279 МПа) незначительно превышая эту характеристику для железа (250 МПа).

При этом нужно иметь в виду, что железо, получаемое кричным способом [11] не могло обладать высокой прочностью, поскольку прочность определяется наличием углерода и структурированностью материала, которую можно получить только после расплавления и последующей кристаллизации сплава. А при кричном производстве, когда на заключительном этапе ковкой удаляются шлаки из железа, температуры его плавления (1539°C) достичь невозможно. Иными словами гвоздь представляет собой железо с некоторыми примесями. Следовательно, потеря прочности материала гвоздя от первоначального уровня, скорее всего, незначительная.

Если отталкиваться от настоящего момента, в предположении, что целостность и несущая способность металло-деревянной конструкции существенно не ухудшились, и принять за некоторый критерий возможную допустимую потерю площади сечения еще не более чем на 5%, и при условии, что механические характеристики металла в любом случае не станут ниже свойств чистого железа, а также существенно не изменится химический состав агрессивной среды (воды) и при неизменной скорости потери площади сечения 0,14% в год, возможно предположить нормальную эксплуатацию металлодеревянной конструкции в ближайшие 30 - 35 лет.

Литература

1. Иванова В.С., Терентьева В.Ф. Природа усталости металлов. – М. «Металлургия», 1975 – 456с.
2. Горицкий В.М. Диагностика металлов. – М.: Metallurgizdat, 2004. – 408с.
3. Belen'kii D.M., Beskopyl'nyi A.N., Vernezi N.L., Chamraev L.G. Determination of the strength of bult welded joints // Welding International. 1997.- №11. pp.643-645.
4. D.M. Belen'kii, N.L. Vernezi, A.V. Cherpakov. Changes in the mechanical properties of butt welded joints in elastoplastic deformation//Welding International. 2004.- №18 (3).pp.213-215.
5. Касьянов В.Е., Щулькин Л.П., Котесова А.А., Котова С.В. Алгоритм определения параметров прочности, нагруженности ресурса с помощью аналитического перехода от выборочных данных к данным совокупности // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 (часть 2). URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1236
6. Вернези Н.Л. Метод оценки прочности металла неразрушающим способом с использованием априорной информации// Инженерный вестник Дона, 2013, № 3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1898
7. Вернези Н.Л. Применение системы «Прочность» при диагностике металлических конструкций. Изв. Ростовского государственного строительного университета. 2003. №7. С. 56-60.
8. Томсен Э., Янг Ч, Кобаяши Ш. Механика пластических деформаций при обработке металлов. «Машиностроение», 1968, 504с.
9. Общетеchnический справочник под ред. Малова А.Н., М. «Машиностроение», 1971, 464 с.

10. Раскатов В.М., Чуенков В.С., Бессонова Н.Ф., Вейс Д.А. Машиностроительные материалы: Краткий справочник. – М.:Машиностроение, 1980. 511с.

11. Кнорозов Б.В., Усова Л.Ф., Третьяков А.В., Арутюнова И.А., Шабашов С.П., Ефремов В.К. Технология металлов. М.: Машиностроение, 1974, 648с.

References

1. Ivanova V.S., Terent'eva V.F. Priroda ustalosti metallov [The nature of metal fatigue]. М. «Metallurgiya», 1975. 456p.

2. Goritskiy V.M. Diagnostika metallov [Diagnosis of metals]. М.: Metallurgizdat, 2004. 408 p.

3. Belen'kiy D.M., Beskopyl'nyy A.N., Vernezi N.L., Chamraev L.G. Welding International. 1997. №11.pp. 643-645.

4. Belen'kii D.M., Vernezi N.L., Cherpakov A.V. Welding International. 2004. №18 (3). pp. 213- 215.

5. Kas'yanov V.E., Shchul'kin L.P., Kotesova A.A., Kotova S.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4 (part 2). URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1236.

6. Vernezi N.L. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1898.

7. Vernezi N.L. Primenenie sistemy «Prochnost'» pri diagnostike metallicheskih konstruktsiy [Use of “Durability” in case of diagnostics of metal constructions]. Izv. Rostovskogo gosudarstvennogo stroitel'nogo universiteta. 2003. №7. pp. 56- 60.

8. Tomsen E., Yang Ch, Kobayashi Sh. Mekhanika plasticheskikh deformatsiy pri obrabotke metallov[Mechanics of plastic deformation in metal processing]. «Mashinostroenie», 1968, 504p.



9. Obshchetekhnicheskiy spravochnik [All-technical reference] pod red. Malova A.N., M. «Mashinostroenie», 1971, 464 p.

10. Raskatov V.M., Chuenkov V.S., Bessonova N.F., VeysD.A..Mashinostroitel'nye materialy: Kratkiy spravochnik [Machin-building materials]. M.: Mashinostroenie, 1980. 511p.

11. Knorozov B.V., Usova L.F., Tret'yakov A.V., Arutyunova I.A., Shabashov S.P., Efremov V.K. Tekhnologiya metallov [Process metallurgy]. M.: Mashinostroenie, 1974, 648p.