



## Design and Machining of Stand to Research on Technological Objects in Stress Corrosion Environment

Gergana RUSEVA, Yaroslav ARGIROV

Technical University Varna, Varna, Bulgaria,  
e-mails: [rusevageri@tu-varna.bg](mailto:rusevageri@tu-varna.bg), [jaroslav.1955@abv.bg](mailto:jaroslav.1955@abv.bg)

### Abstract

In industries as machine building, boreholes, chemical industry and many others, it is required to analyze the impact of environment in stress condition of the materials at work. It is necessary to make several studies to explore behavior of materials in marine condition.

**Keywords:** Corrosion, stress condition, stand, design, machining

## Конструирание и изработка на стенд за изследване на технологични обекти под напрежение в корозионна среда

Гергана РУСЕВА, Ярослав АРГИРОВ

### 1. Увод

В промишлеността до голяма степен, много от проблемите свързани с разрушаването на детайлите под напрежение по време на тяхната експлоатация са свързани с методи за контрол, физически характеристики, износоустойчивост и др.

През последните години научните изследвания и тяхното практическо използване допринесоха за създаването на значителен брой ефективни методи за оценка на напрежения. Тези методи са базирани на зависимости между остатъчните и действително влияещи напрежения върху материала и някои негови физични характеристики. [3, 4] Под влияние на външни сили в кристалните решетки може да се осъществи плъзгане по определени атомни плоскости, което протича с такава ниска скорост, че при нормални условия на изпитване придобитите деформации са незабележими. [1, 2]

### 2. Цел

Целта на настоящата работа е разработване на стенд, за изследване процес на пълзене по зададени технологични параметри. Тези параметри се постигат чрез конструирание на затворен съд, в който ще бъде поставена изследваната проба. В съда е необходимо да циркулира корозионен разтвор, който предварително е нагрят до определена температура.

Стенда ни дава възможност да изследваме процес на пълзене в различни температурни интервали, за да се анализира поведението на материалите в корозионна среда при ламинарно обтичане на пробата.

Технологичните параметрите: температура, сила на натоварване, скорост на омокряне и концентрацията на корозионната течност, могат да се задават предварително и да се следят.

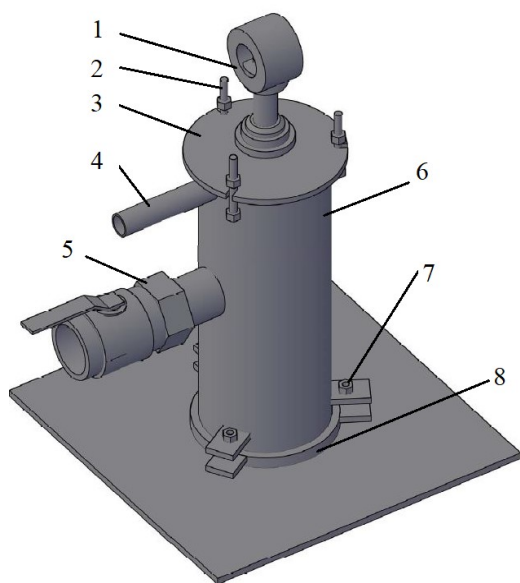
### 3. Разработване идеен проект на стенд за изпитване на стрес-корозия, конструиране и изработване

#### 3.1 Идейна изработка и конструиране на стенд за изпитване на стрес-корозия (пълзене)

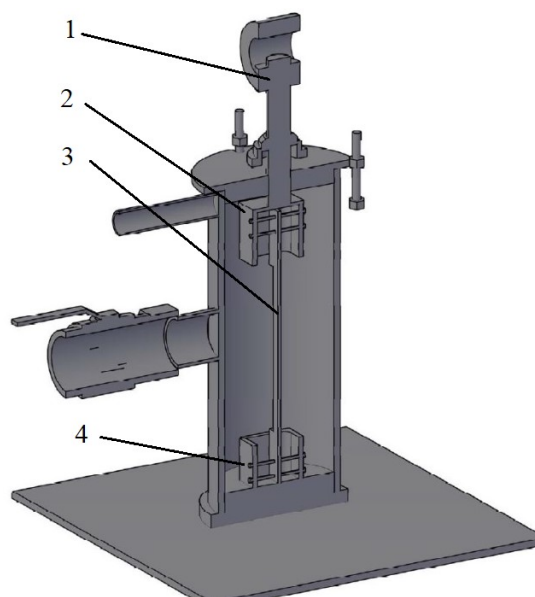
С помощта на програмен продукт SolidWorks е разработен 3D компютърен модел на част от стенда за стрес-корозия. За реалното му изработване, от 3D модела е изготвена конструктивна документация на отделните възли и детайли. В програмата SolidWorks е направен и компютърно симулативен якостен анализ на най-натоварения елемент от стенда за стрес-корозия.

На фигура 1 е показан общ вид на моделирания 3D възел от стенда за стрес-корозия. На всички конструктивни елементи от 3D модела, които са в контакт с корозионната среда в програмата SolidWorks е избрана стомана 304L.

На фигура 1 са показани основните елементи на моделирания възел от стенда: щок (1); свързващи болтове с гайки (2), служещи за захващане на капака към цилиндричния корпус; капак (3); тръба за вход на корозионната среда (4); вход с кран и адаптер за подаване на корозионна мъгла или прегрята пара (5); цилиндричен корпус (6); свързващи болтове с гайки (7), за захващане на корпуса към основата.



Фигура 1. 3D модел на установка, част от лабораторен стенд за изпитване на стрес-корозия при температура: щок (1); болтове с гайки (2); капак (3); тръба (4); кран (5); корпус (6); болтове с гайки (7)



Фигура 2. Разрез изясняващ вътрешните елементи на установката: щок (1); горно захващащо устройство (2); пробно тяло (3); долно захващащо устройство (4)

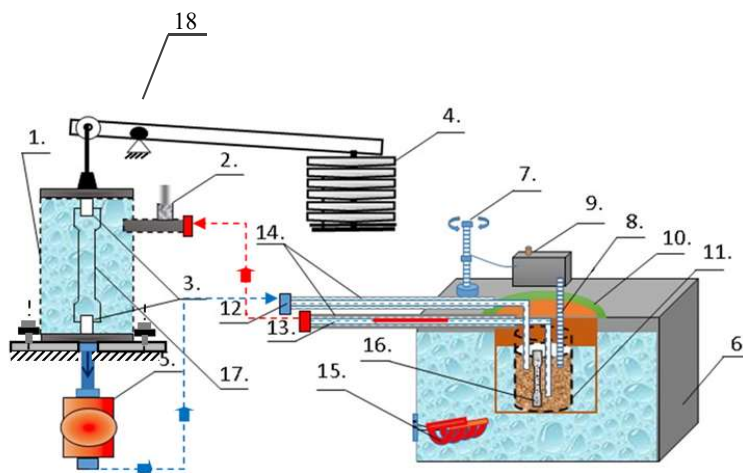
На фигура 2 е показан 3D моделирания възел в разрез за изясняване на вътрешните му елементи: щок (1); захващащо устройство на пробното тяло (2), състоящо се от квадратен профил, на който са разпробити отвори за крепежни елементи; пробно тяло (3) и долно захващащо устройство (4), аналогично на горното. Долното захващащо устройство е заварено към неподвижната основа на установката, а горното към щока, който е подвижен и преминава през уплътнения вградени в капака.

Към отвора разположен в горния край на щока се захваща лост от втори род, който се уравнисява с тежести закрепени в противоположния му край. По този начин става упражняването на предварително изчисления постоянен опън в пробата.

### 3.2 Схема на натоварване на изследваната проба в корозионна среда

Конструираната приставка от стенда, дава възможност за изпитване на стандартен образец на опъново натоварване с омокряне, чрез циркулация на корозионен разтвор.

За провеждане на изпитание за пълзене и якост в корозионна среда (стрес корозия), необходимо условие е прилагане на определено опъново усилие към изследваната проба и създаване на течна корозионна среда, обтичаща ламинарно обекта на изследване. Тези условия могат да се постигнат, когато към разглежданата установка се добави система поддържаща зададена температура на подготвената течна корозионна среда и провеждаща циркулация през установката, в която е установена пробата. Цялостната схема е представена на фигура 3.



**Фигура 3. Принципна схема на работата на системата за стрес-корозия: 1. цилиндричен корпус на установка за корозия; 2. Обезвъздушител; 3. Челюсти за захващане на образца; 4. Тежести; 5. Помпа; 6. Термос; 7. Живачен термометър; 8. Термометър; 9. Терморегулатор; 10. Меден съд; 11. Стъклен бехеров съд; 12. връзка – изход на флуида; 13. връзка – вход на флуида; 14. Изолация; 15. Реотани; 16. Образец (корозия, К); 17. Образец (корозия+опън, КО); 18. Лостов механизъм от 2-ри род**

На фигура 3 е представена принципната схема на работата на установката и адаптирана към работен термос, в който се поддържа зададената температура на работната среда. Цилиндричният корпус на установката (1) за провеждане изпитания на пълзене и стрес-корозия е закрепен неподвижно към стойка. За закрепване на образца и подлагането му на стрес-корозия се използват челюсти (3) с описание за захващането показано на фигура 2. Цилиндричната част на установката (1) от фигура 3 е закрепена към дъното и капака посредством болтови връзки. Тяхната водонепропускливост е осигурена от гумени уплътнения. Долните челюсти за захващане на образца са закрепени неподвижно към дъното, като там е направен цилиндричен отвор за вход на работната течност от циркулационната помпа. Подвижната челюст е закрепена към щока.

Работният термос (6) от фигура 3 е оборудван с: терморегулатор с дисплей (9), поддържащ зададената температура с точност  $\Delta T = \pm 1^\circ\text{C}$ , електросъпротивителен нагревател (15).

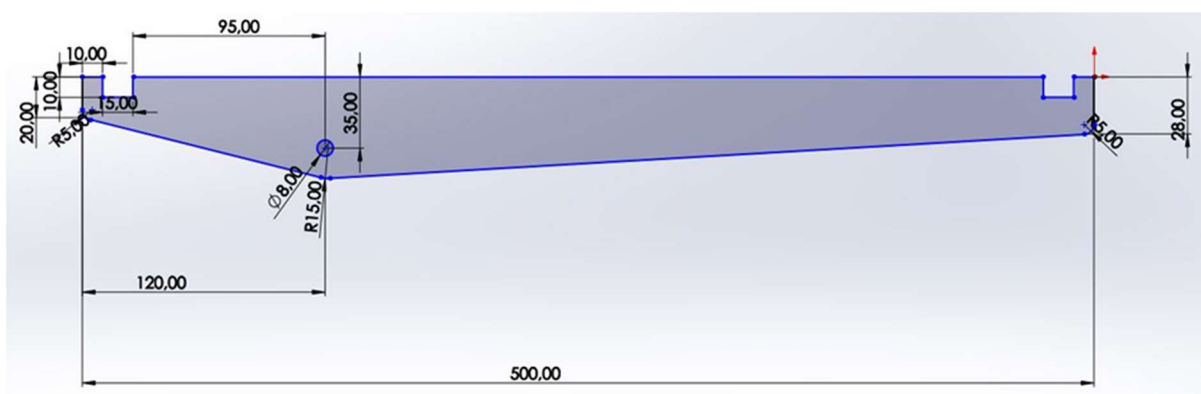
Водата в термостата е дестилирана, загубите от температура се компенсират от двойните му стени. Използваната работна течност е поставена в стъклена Бехерова чаша (11), която се поставя в меден съд (10), пълен с дестилирана вода. Медният съд е поставен във водното пространство на термоса. Високата топлопроводност на медния съд позволява температурата на работната течност в Бехеровата чаша да отговаря на зададената температура в термоса. Бехеровата чаша се запълва с работна течност със зададена корозионна характеристика. Към чашата в работната течност е потопен контролен термометър (8), също така и краищата на входа, на връзката от циркулационната помпата. Потопената връзка в средата от течността е свързана с горната част на цилиндричния корпус на установката.

Ламинарното омекряне на пробата в установката за стрес-корозия се извършва от работната течност в Бехеровата чаша посредством разглежданите връзки и помпата (5). Посоката на циркулация е показана по връзките на схемата описана във фигура 3. При провеждане на експеримент могат да се зложат две еднакви проби, участващи в еднородна корозионна среда с еднаква температура. Пробата в Бехеровата чаша е подложена само на корозия, а в установката на стрес-корозия.

### **3.3 Якостно-деформационен анализ на най-натоварения елемент от стенда за стрес-корозия.**

С помощта на програма Solid Works е направен компютърно симулативен якостен анализ на най-натоварения елемент от стенда за стрес-корозия. Този конструктивен елемент е лост от втори род и предава натоварването от тежестите към пробното тяло.

На фигура 4 е показан моделирания в програма Solid Works лост, като са изяснени и геометричните му параметри.

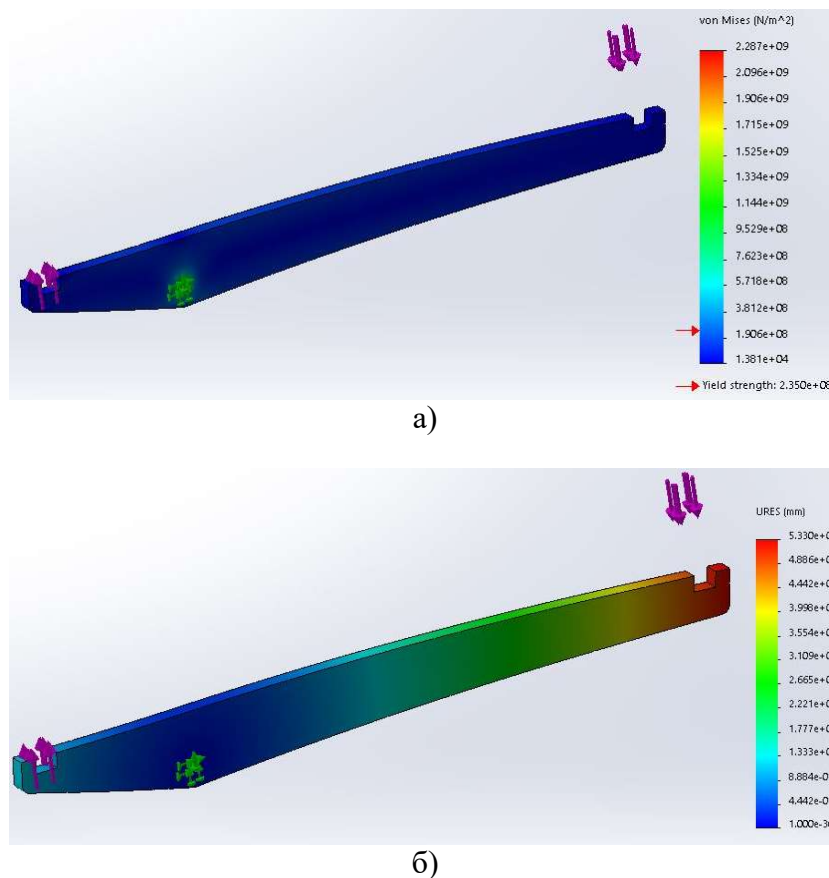


**Фигура 4. Геометрични размери на моделирания лост от втори род**

След изграждането на 3D модела и задаване на материал (стомана S235JR) от библиотеката с материали на програма SolidWorks, е направена компютърна симулация на напрегнатото деформационно състояние на лоста.

На фигура 5 а) и б) са представени резултатите от извършения симулационен якостен анализ, чрез които програмата дава количествена и визуална представа за настъпилите напрежения и деформации в лоста от втори род. От фигура 5 а) става ясно, че при зададено натоварване на лоста 2000N (200кг) в двата му края, се получават максимални деформации в мястото на лагеруване от порядъка на  $R=134\text{MPa}$  (при допустими за стомана S235JR, 235MPa). На фигура 5 б) са показани настъпилите деформации, видно е, че настъпилата максимална деформация при същото натоварване

е 5mm. Необходимо е да се направи уточнението, че тази деформация не е остатъчна, и при разтоварване на лоста тя изчезва.



Фигура 5. Резултати от компютърна якостно деформационна симулация на лост от втори род:  
а) напрежения; б) деформации

#### 4. Разработване на методика за провеждане на стрес-корозия на технологични обекти, чрез проектираната и разработена установка

- Подготовка на образци за провеждане на изпитания в корозионна и стрес-корозионна среда;
- Подготовка на установката за провеждане на изпитанието:
  - предварително подгряване на термостата до зададена температура;
  - поставяне на пробата предназначена за стрес-корозия в разработената установка за стрес-корозия;
  - затваряне, запълване с работна течност (корозионен разтвор – 15%), пускане на помпата в циркуляционен режим и обезвъздушаване на системата;
  - поставяне на образеца предназначен за престой в корозионна среда в Бехеровата чаша;
  - натоварване на установката с тежести до зададеното тегло;
  - задаване на работна скорост на циркулация на помпата (Grundfos alpha 2l);

- Престой на образците в корозионна среда и стрес-корозия по предварително разчетен режим на параметрите: температура, време и скорост;
- Преустановяване на процеса след изтичане на зададеното време – изваждане и отчитане на контролираните параметри (маса  $\Delta m$  след корозионно износване и удължение  $\Delta L$  за образца подложен на стрес-корозия).

## Изводи

Разработен е идеен проект с 3D модел в програма SolidWorks на конструктивен възел от стенд за изпитване на стрес-корозия.

На база разработената конструктивна документация е изработен реален прототип на конструктивния възел, който е част от стенд за провеждане на стрес-корозия (пълъзене).

Направен е компютърен якостно-деформационен анализ на най-натоварения елемент от стенда за провеждане на стрес-корозия: лост от 2<sup>-ри</sup> род.

Разработена е методика за провеждане на стрес-корозия на технологични обекти чрез разработената и проектирана установка.

## Литература

1. Кючуков Й. „Пластична деформация на металите“, Издателство Техника, 1976г. стр. 109.
2. Василев Л. „Защита на корабите от корозия и обрасване“. Издателство „Техника“, 1970 г.
3. Mirchev Yordan, Pavel Chukachev and Mitko Mihovski, „Methods for evaluation of mechanical stress condition of materials“, NCTAM 2017 – 13th National Congress on Theoretical and Applied Mechanics, 2018.
4. Mitko M. Mihovski, Yordan N. Mirchev, Pavel H. Chukachev, and Vladimir P. Sergienko, „Assessment of the mechanical stressed state of pipelines according to Russian standards“, AIP Conference Proceedings 1785, 2016.