ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ

ЗАЕДНО СЪЗДАВАМЕ

ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

КОМПЛЕКС ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА МЕХАНИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ СТАТИЧНИ И ДИНАМИЧНИ ИЗПИТВАНИЯ

Zwick/Roell HA-250

Румен Кръстев
Институт по Механика - БАН

-- www.eufunds.bg --

Проект BG05M2OP001-1.001-0008 „Национален център по мехатроника и чисти технологии“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“ 2014-2020, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейския фонд за регионално развитие.

ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ

ЗАЕДНО СЪЗДАВАМЕ

ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

ЛАБОРАТОРИЯ ЗА МЕХАНИЧНИ ИЗПИТАНИЯ И ЕКСПРЕСНА ДИАГНОСТИКА

Секция за **механични изпитвания**
Доц. Румен Кръстев
www.cemct.eu/bg/laboratorii
/Секция за механични изпитвания/

Секция за **експресна диагностика**
Гл. асистент Ваня Дякова
www.cemct.eu/bg/laboratorii
/Секция за експресна диагностика/

ПРЪТ НА ХОПКИНСОН

Институт по механика – БАН

КОМПЛЕКС ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА МЕХАНИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ СТАТИЧНИ И ДИНАМИЧНИ ИЗПИТВАНИЯ **Zwick/Roell HA-250**

Институт по металознание - БАН

С.м.2

Проект BG05M2OP001-1.001-0008 „Национален център по мехатроника и чисти технологии“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“ 2014-2020, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейския фонд за регионално развитие.

Комплекс за определяне на механични характеристики при статични и динамични изпитвания

Производител: ***Zwick/Roell***
Модел: **HA-250**
Използва се от: **2021 г.**

С.м.3

Предназначение

1) **Статично изпитване на опън** на плоски или кръгли образци (ASTM E8 / ISO 6892)

- Сила: до 100 kN
- Температура в камерата: -80 до 250 ^{o}C.

2) Статични и динамични изпитвания на **3-точково или 4-точково огъване**.

- Сила: до 100 kN
- Температура в камерата: -80 до 250 ^{o}C
- Лесен монтаж на приспособленията за огъване.

3) **Изпитване на умора** на образци захващани с резба (ASTM E606)

- Резби: M8, M10, M12, M14, M16
- Температура: 200 – 1000 °C

4) Изпитване на **пукнатино-устойчивост** за определяне на K_{IC} в съответствие с ASTM E399, ISO 12135, ASTM 1820

- Размер: 1" (Отношение W/B = 2)
- Температурен интервал: -80 до 250 °C

1 – Изпитвателна зона

2 – Хидравлично бутало (actuator, покрит)

3 – Силомер (load cell)

4 – Колона

5 – Горна траверса

6 – Хидравлични бутала за позициониране на горната траверса

7 – Хидравличен блок

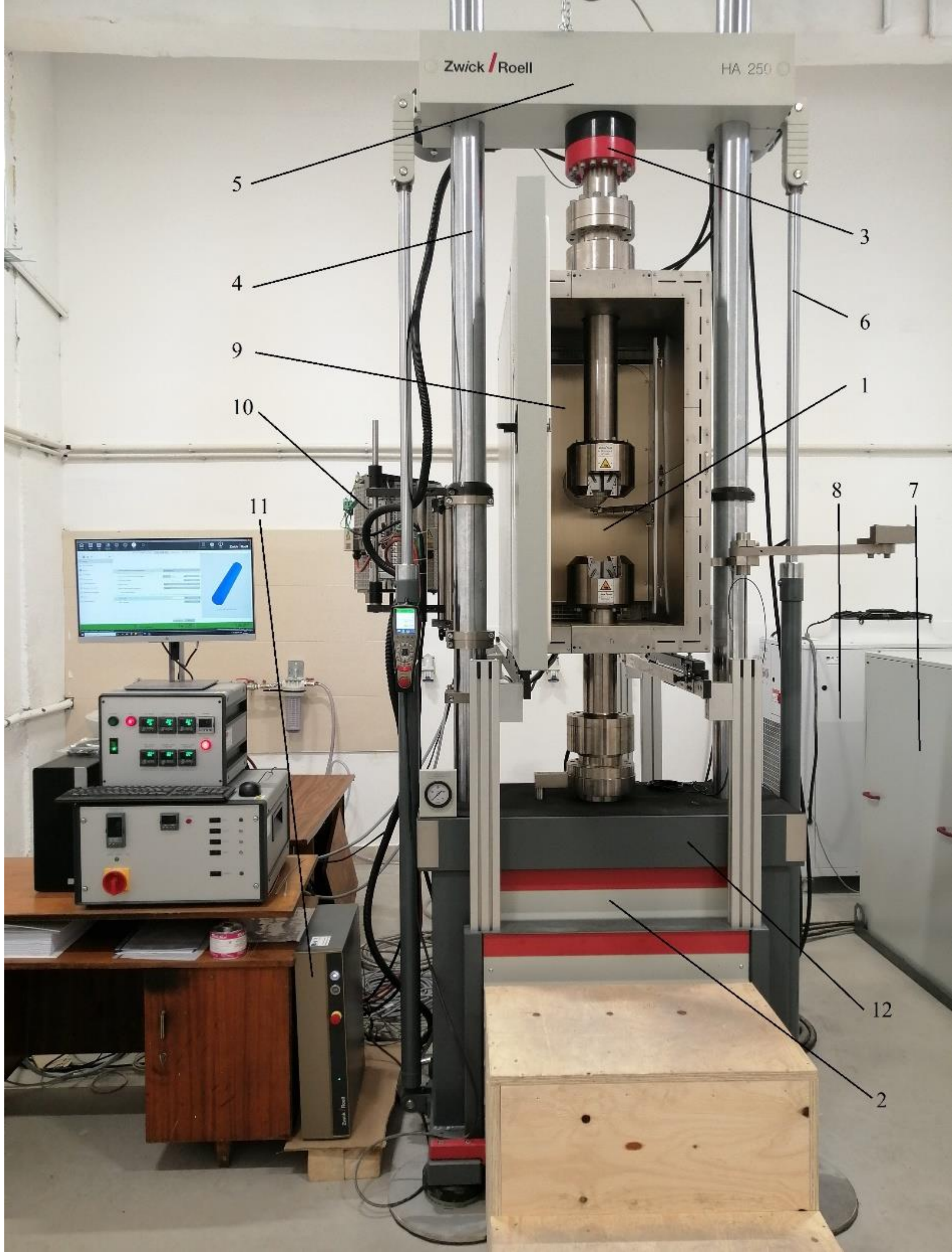
8 – Охладител на маслото

9 – Температурна камера

10 – Високо-температурна пещ

11 – Електронно управление

12 – Основна траверса



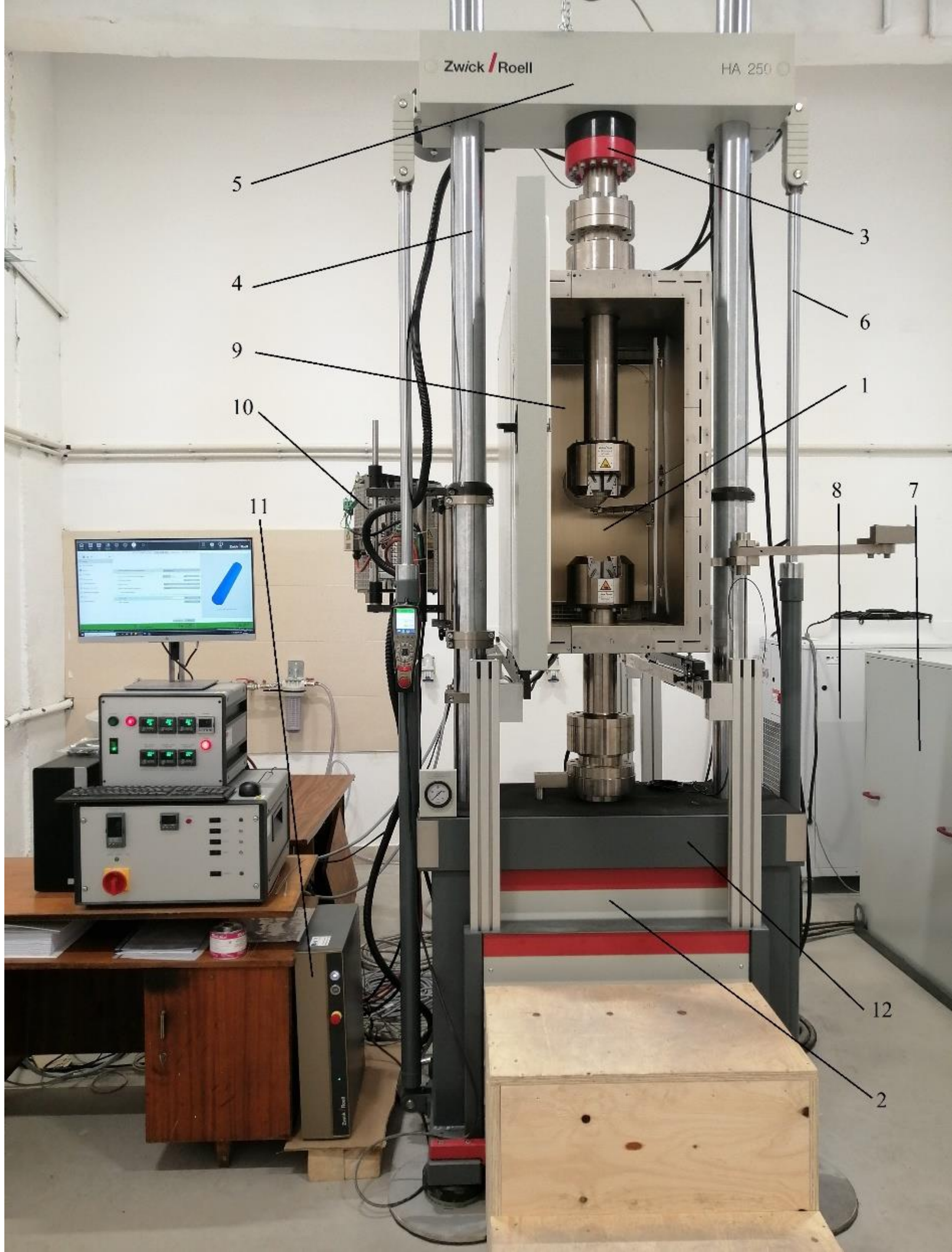
С.м.5

Принцип на действие

Пробното тяло се закрепва в зоната за изпитване 1 между хидравличното бутало 2 и измерителя за сила 3. Носещите колони на машината 4 и товарната клетка са проектирани за натоварване до 250 kN. Позицията на горната траверса 5 може да се настройва с помощта на хидравличните бутала 6. Хидравличния силов блок 7 осигурява енергия за движението на буталата и за устройствата за захващане на пробното тяло. Охладителния блок 8 предпазва хидравличното масло от прегряване. Изпитването може да се проведе при стайна температура или в температурната камера 9 (до 250 ^{o}C) или в пещта 10 (до 1000 ^{o}C, при закрепване с резба). Всички устройства се управляват от компютър и специализиран софтуер през електронния блок за управление 11.

При провеждане на статични изпитвания се използва специализиран софтуер **TestXpert III**, а за динамични изпитвания се използва софтуер **TestXpert R**.

В софтуера са въдени програми за изпитване съгласно посочените стандарти, като софтуерът автоматично изчислява множество параметри. Протоколът с резултатите съдържа избрани параметри.



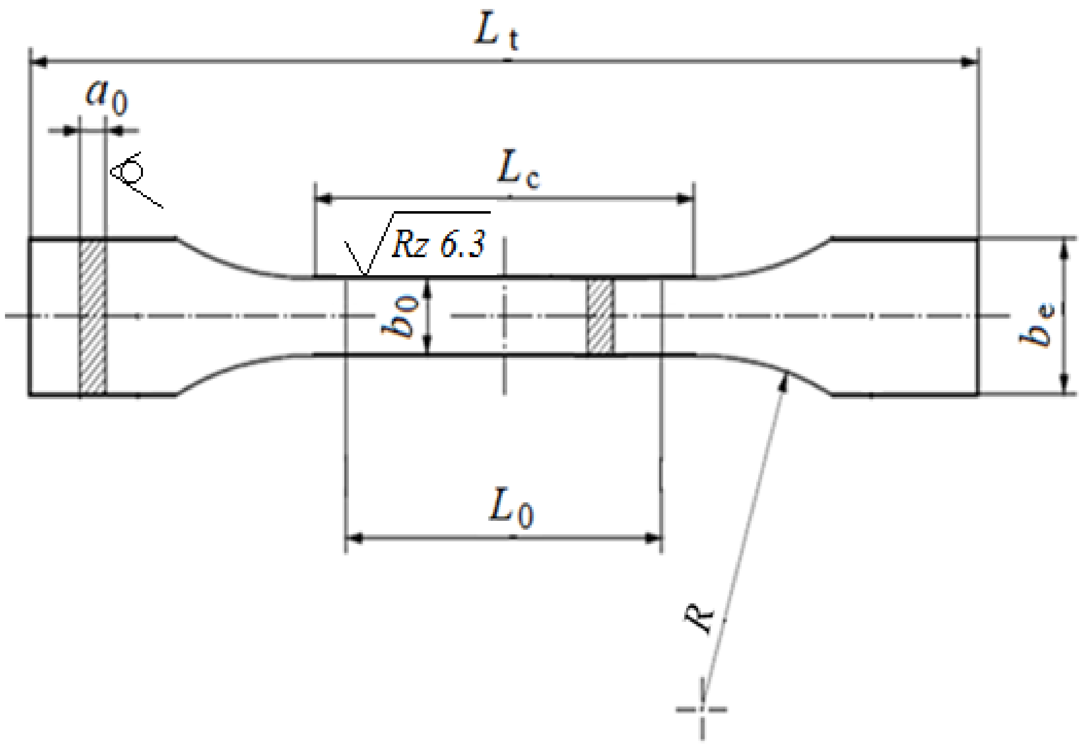
Видове образци и стандартизирани размери, предназначени за изпитвания с 25 мм екстензометри

Плоски образци за изпитване на опън, дебелина ≥ 3 mm

стандарт ISO 6892-1:2019, ANNEX D, mm

Изпитване при стайна температура
или във температурната камера.

a_0	b_0		b_e	L_0	L_c	L_t	R	Забе-лежка
3.0	20.0	± 0.10	25	25	35	170	20	
4.0	20.0	± 0.10	25	25	35	170	20	← ППО
5.0	20.0	± 0.10	30	25	35	180	20	
6.0	20.0	± 0.10	30	25	35	180	20	
8.0	20.0	± 0.10	30	25	35	200	20	
9.0	20.0	± 0.10	30	25	35	200	20	



Плоски образци за изпитване на опън

ППО – предпочитан за изпитване пропорционален образец

Означения и съкращения

a_0 – оригинална дебелина на образеца

b_0 – ширина на успоредния участък на образеца

d_0 – изпитван диаметър на машинно обработен цилиндричен образец

L_0 – базова дължина на екстензометъра

L_c – дължина на успоредния участък на образеца

R – преходен радиус

b_e – ширина или диаметър на зоната за захващане на образеца

GS – начално разстояние между захващащите челюсти (grips separation)

L_t – обща дължина на образеца

5 kN – силомер до 5 kN

250 kN – силомер до 250 kN

ППО – предпочитан за изпитване пропорционален образец

МРИЯ – нестандартен образец с минимален размер за изпитване на якостни показатели без екстензометър.

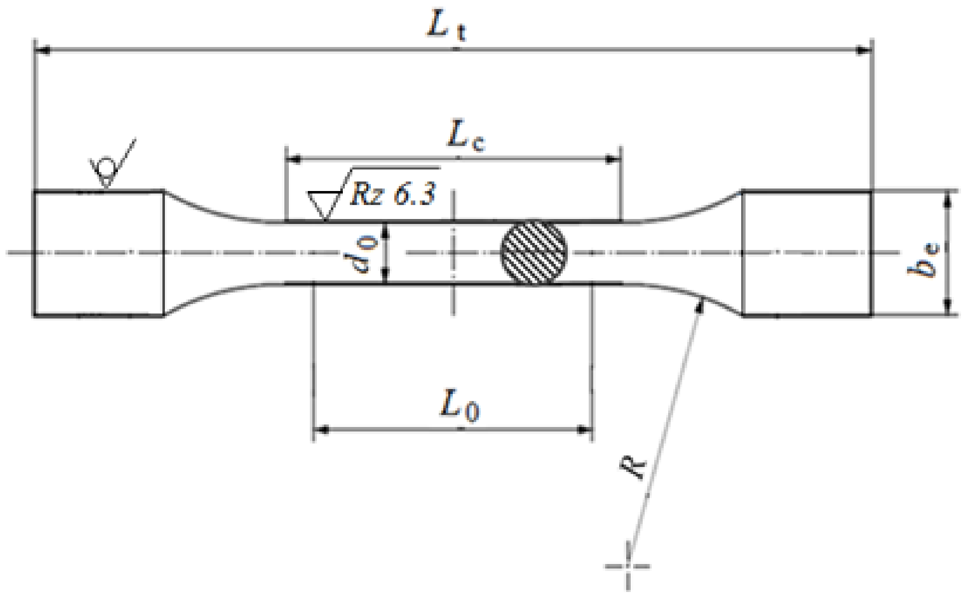
Машинно обработени образци за изпитване на опън, изготвени от кръгъл прът

Стандарт ISO 6892-1:2019, ANNEX D. Всички размери са в mm.

Изпитване при стайна температура или в температурната камера

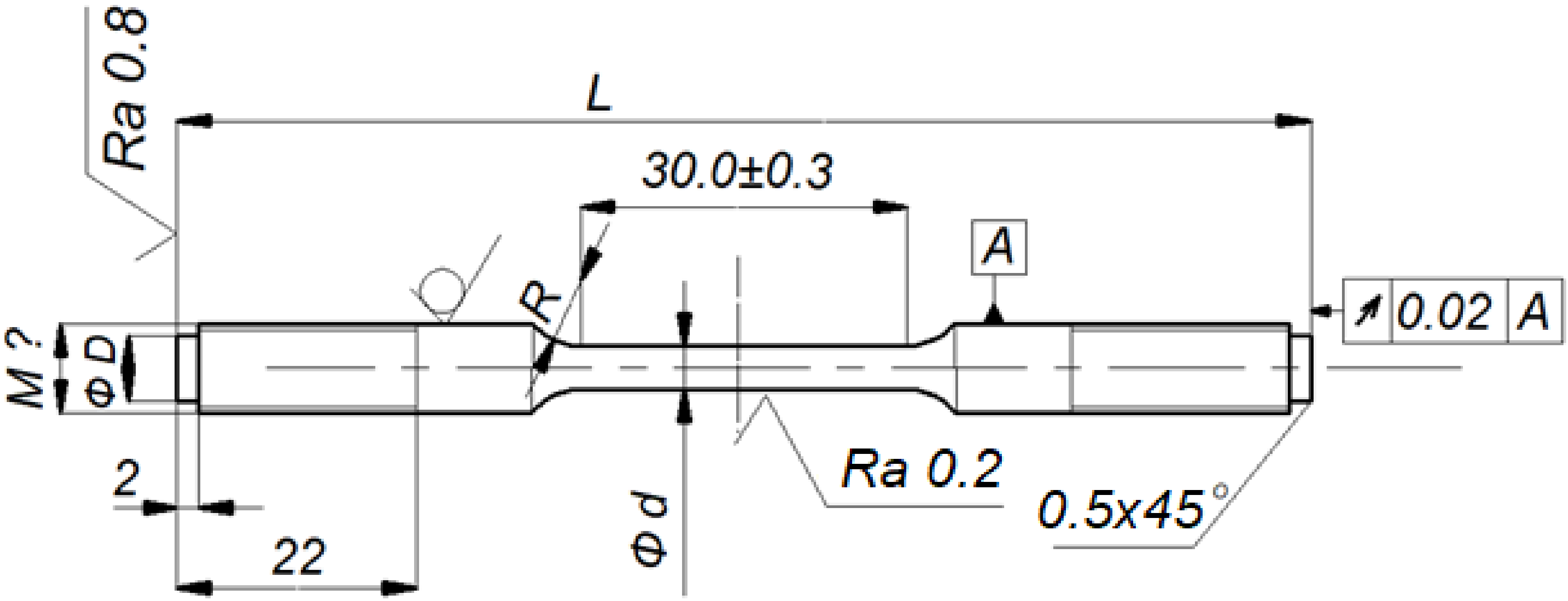
Заготовка	Φ d_0		b_e	L_0	L_c	GS	L_t	R	Забе-лежка
Кръгъл	5	± 0.02	8	25	30	70	130	16	← ППО
прът	6	± 0.03	10	25	30	70	130	16	
	8	± 0.03	12	25	30	70	160	16	
	10	± 0.05	13	25	30	70	160	16	
	12	± 0.05	15	25	30	70	200	16	
	14	± 0.05	17	25	30	70	200	16	
	5	± 0.02	8	-	10	15	60	5	← МРИЯ

b_e – Диаметър на заготовката



Машинно обработени цилиндрични образци за изпитване на опън

Образци с резба за изпитване на умора (ASTM E606M) или на опън във високотемпературната пещ



Резба	Φ D	Φ d	Допуск	R	L	Забележка
M8	6	4	± 0.02	6	104	
M10	8	4	± 0.02	8	105	
M12	10	5	± 0.02	10	105	← ППО
M14	12	6	± 0.02	12	106	
M16	14	7	± 0.03	14	110	

Други образци и стандарти

Посочените по-горе размери на образци описват предпочитаните от нас образци за квазистатично изпитване на опън или на умора на различни метални материали.

За уточняване на размери на образци по други стандарти, или на образци за изпитване на огъване, натиск или на пукнатино-устойчивост, свържете се с нас.

ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ

ЗАЕДНО СЪЗДАВАМЕ

ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

ЛАБОРАТОРИЯ ЗА МЕХАНИЧНИ ИЗПИТАНИЯ И ЕКСПРЕСНА ДИАГНОСТИКА

Секция за **механични изпитвания**

Доц. Румен Кръстев

www.cemct.eu/bg/laboratorii/Секция за механични изпитвания/

Услуги

1. Определяне на механични характеристики на образци от изследван материал, при избран метод на изпитване (и конкретни параметри на експеримента).
2. Сравнение на деформационни и якостни характеристики на няколко материала (при избран метод на изпитване).
3. Консултации.

-- www.eufunds.bg --

Проект BG05M2OP001-1.001-0008 „Национален център по мехатроника и чисти технологии", финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж" 2014-2020, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейския фонд за регионално развитие.

2022 INDUSTRY 4.0

VII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE - SUMMER SESSION

INDUSTRY 4.0

22-25.06.2022, VARNA, HOTEL AQUA AZUR

Strain controlled fatigue of 40X steel

Умора на стомана 40Х при управление според деформацията

Румен Кръстев, Татяна Симеонова, Васил Кавърджиков,

Илиян Атанасов, Людмил Дренчев

Институт по механика – Българска академия на науките

Институт по металознание, съоръжения и технологии, с център по хидро- и аеродинамика
“Акад. Ангел Балевски” – Българска академия на науките

Материал и образци

Стомана 40Х в състояние на доставка (незакалена)

Цилиндрични образци

d = 8.0 mm – изпитван диаметър

L_0 = 25 mm – базова дължина на екстензометъра

L_c = 30 mm – дължина на цилиндричен участък

L_t = 130 mm – обща дължина

R = 16 mm – преходен радиус

План на експеримента

- Определяне на якостните характеристики при опън.

- Определяне на броя на циклите до разрушаване (failure) при знакопроменлив синусоидален цикъл на деформацията, съгласно стандарт ASTM E606M.

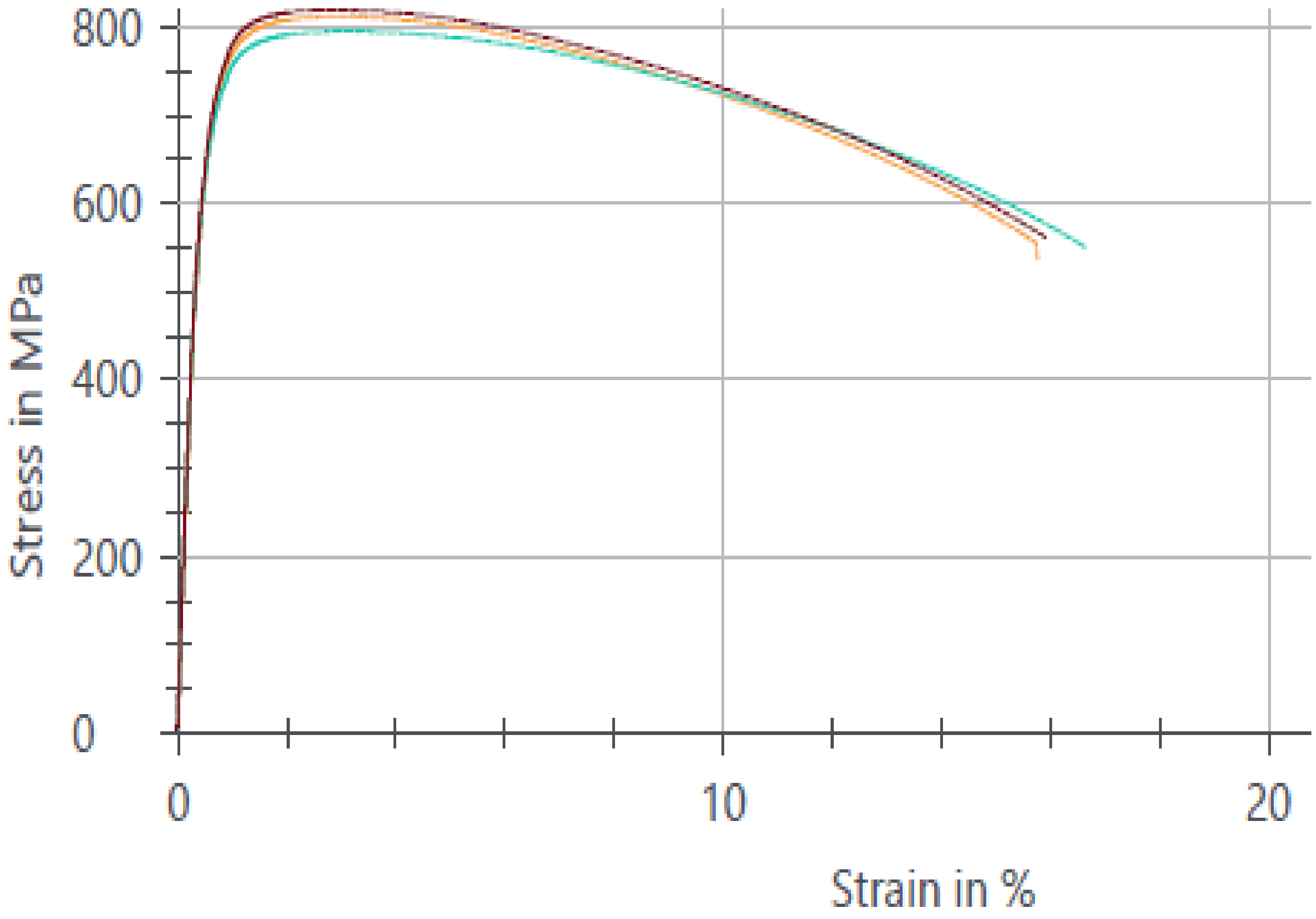
Амплитуди на деформацията:

0.18%, 0.20%, 0.22%, 0.25%, 0.30%, 0.35%, 0.40%, 0.50%, **0.60%**

Обсъждане на резултати

Якостни характеристики при опън

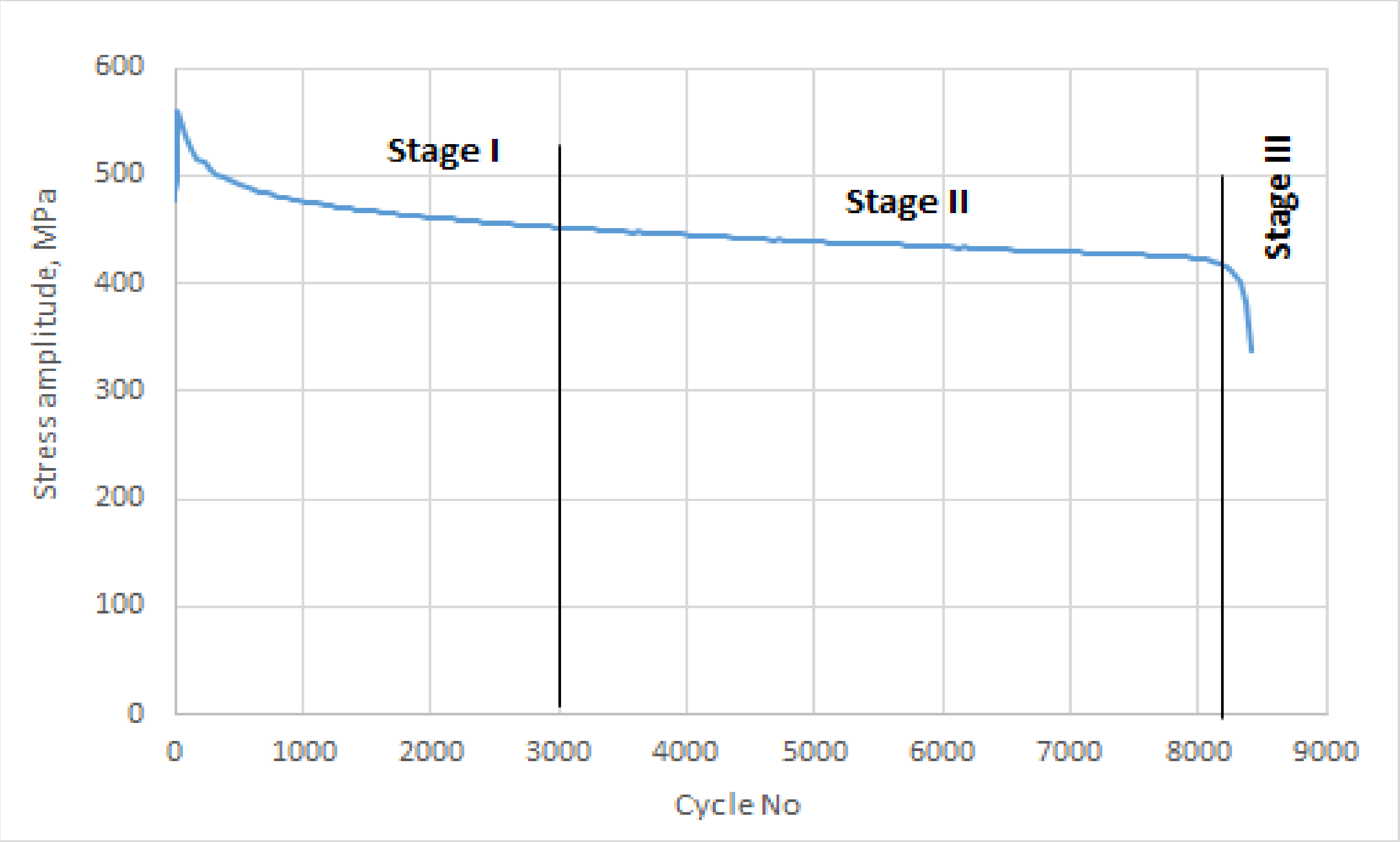
- **195** ± 5 GPa - еластичен модул
- **649** ± 11 MPa - условна граница на провлачане (proof stress)
- **809** ± 12 MPa – Якост при опън
- (**15.8** ± 0.5)% - Удължение при скъсване
- (**51** ± 2)% - Намаляване на напречното сечение при шийката.



Обсъждане на резултати

Резултати от циклични опити

Амплитудата на напрежението намалява по време на опита



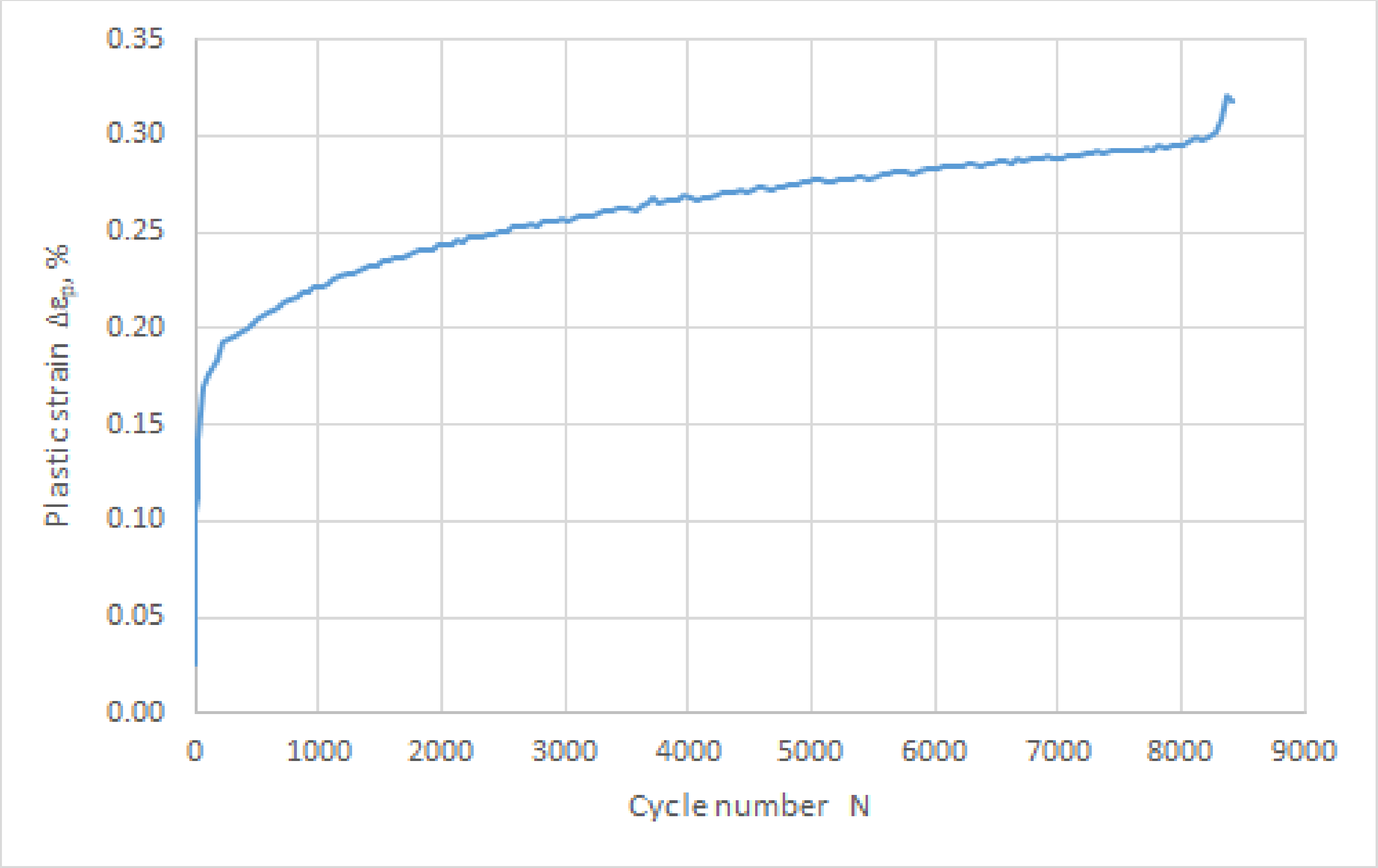
Регистрирана амплитуда на напрежението при циклично натоварване с ± 0.4% амплитуда на деформацията.

Обсъждане на резултати

Пластичната деформация нараства по време на опита

$$\frac{\Delta\varepsilon}{2} = \frac{\Delta\sigma}{2E} + \frac{\Delta\varepsilon_p}{2}$$

$$\Delta\varepsilon_p = \Delta\varepsilon - \frac{\Delta\sigma}{E}$$



Развитие на пластичната деформация при опит с 0.4% амплитуда на деформацията

Обсъждане на резултати

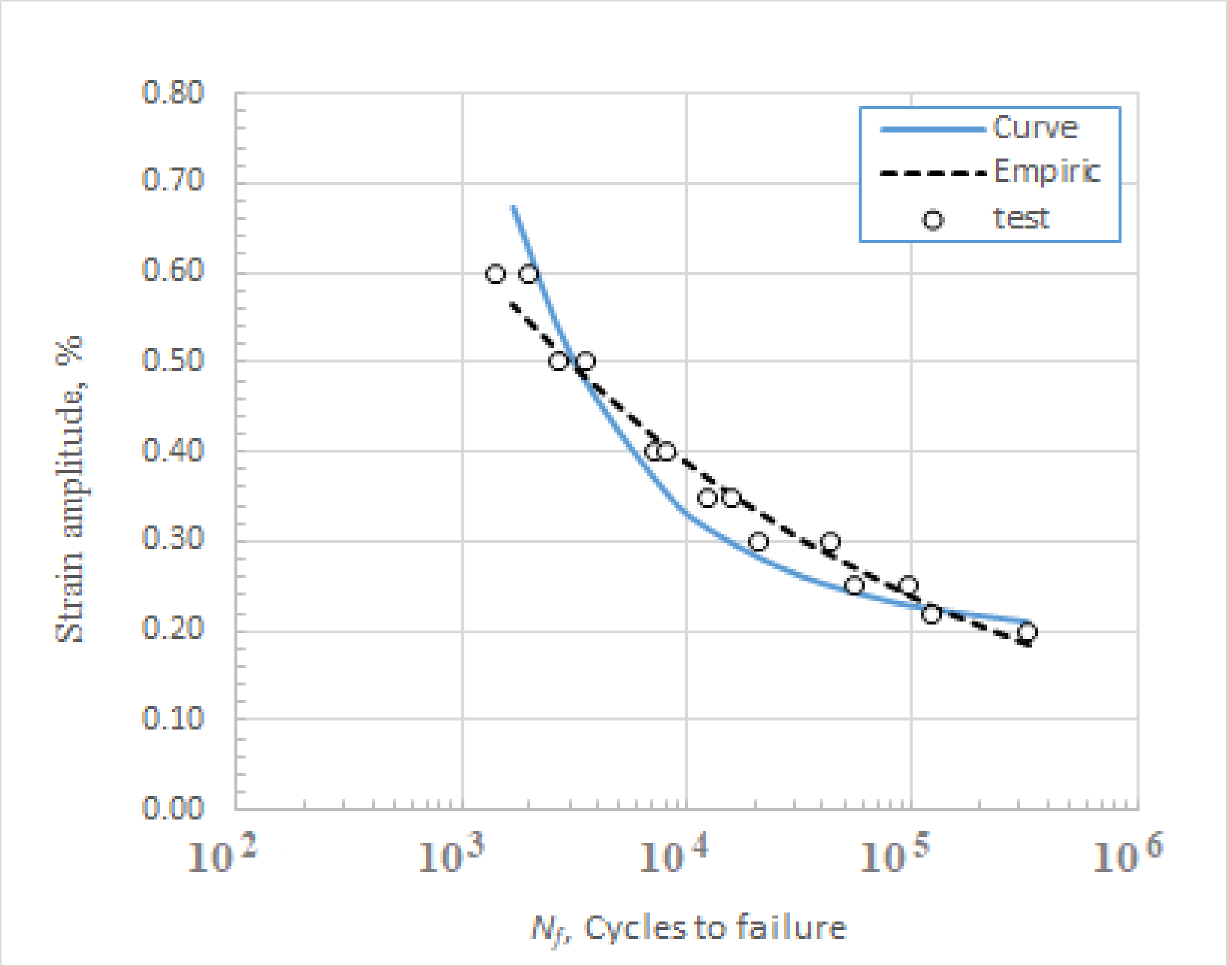
Връзка между амплитудата на деформацията и броя на циклите до разрушаване

_______ Curve:

$$\frac{\Delta\varepsilon}{2} = \frac{\sigma_f'}{E}(2N_f)^b + \varepsilon_f'(2N_f)^c$$

----- Емпирично уравнение:

$$\frac{\Delta\varepsilon}{2} = 2.75\,N_f^{-0.213} \quad [\%]\ (9)$$



Брой на циклите до разрушаване според зададената амплитуда на деформацията

Променливи

- N_f = брой на циклите до разрушаване
- $2N_f$ = брой на обръщанията
- $\Delta\varepsilon/2$ = амплитуда на деформацията

Константи

- b = fatigue strength exponent
- c = fatigue ductility exponent
- σ_f' = fatigue strength coefficient
- ε_f' = fatigue ductility coefficient
- E = Young's modulus

$$\frac{\Delta\varepsilon}{2} = \frac{\sigma_f'}{E}\left(2N_f\right)^b + \varepsilon_f'\left(2N_f\right)^c$$

Изводи

- Определена е границата на провлачане при опън, $\boldsymbol{R_{p0.2}}$ **= 649 ± 11 MPa**.
- Определена е якостта при умора на **стомана 40Х в състояние на доставка** съгласно стандарт ***ASTM E606M*** – за изпитване на умора при контрол на деформацията.
- Изследваната експериментална зависимост е моделирана със степенна функция, както и съгласно уравненията и коефициентите описани в стандарта.
- ***При 0.2% амплитуда на деформацията, амплитудата на напрежението е 355 MPa и тя почти не се променя до достигане на крехко разрушаване след 0.33 милиона цикъла***. При по-високи циклични натоварвания се наблюдава нарастване на пластичната деформация и намаляване на амплитудата на напрежението.
- При допускане, че ур. (7) и определените коефициенти са достатъчно точни, може да се предскаже че **при 10^7 цикъла до разрушаване** и 50% оцеляване на образците, амплитудата на деформацията е 0.183% и цикличната якост (endurance limit) е

$$\boldsymbol{\sigma_{-1}} = \mathbf{332\ MPa}$$

Acknowledgments

This report is a research result of project BG05M2OP001-1.001-0008 "***National Center for Mechatronics and Clean Technologies***", funded by the Operational Program "Science and Education for Smart Growth" 2014-2020, co-financed by the European Union through the European Fund for Regional Development.

Благодаря ви за вниманието!