



R-6640

ÚNAVOVÉ VLASTNOSTI OCELI 30 CHGSA

**Ing. VÁCLAV KAFKA, CSc.
Ing. MARTIN KADLEC, Ph.D.
IVAN MLCH**

**VÝZKUMNÝ A ZKUŠEBNÍ LETECKÝ ÚSTAV, a. s.
BERANOVÝCH 130, 199 05 PRAHA-LETŇANY**

© 2017



ZÁZNAM REVIZÍ

| Revize | Datum | Popis | Změněné strany |
|--------|-------------|--------------|----------------|
| PV | 14. 1. 2017 | První vydání | - |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Distribuční list:

VZLÚ 3200 – Ing. Václav Kafka, CSc. 1x

Blaník Aircraft CZ s.r.o. - 1x

| | | | |
|--------------|---------|---------------|---------|
| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 2 / 32 |



ZKRATKY

| Akronym | Jednotka | Definice |
|-----------------|--------------------|--|
| d | (mm) | Průměr zkušebního tělesa v kořeni vrubu |
| A | (mm ²) | Průřez zkušebního tělesa v kořeni vrubu |
| L_t | (mm) | Celková délka zkušebního tělesa |
| R | (mm) | Rádius vrubu |
| P_{\max} | (kN) | Max. zatížení |
| N_f | (1) | Počet cyklů do poruchy |
| σ_{\max} | (MPa) | Max. napětí |
| R_σ | (1) | Součinitel nesouměrnosti kmitu ($= \sigma_{\min}/\sigma_{\max}$) |

| | | | |
|--------------|---------|---------------|---------|
| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 3 / 32 |



ABSTRAKT

Zpráva obsahuje výsledky, únavových zkoušek oceli 30 CHGSA při RT. Zkoušky byly realizovány pro společnost Blaník Aircraft CZ s.r.o. jako objednávka č. 715200129. Výsledky jsou presentovány dle metodiky [1] a v souladu s normami pro únavové zkoušky [2-4].

Výsledky únavových zkoušek tvoří únavové křivky ve tvaru závislosti maximálního napětí jako funkce počtu kmitů do poruchy na třech úrovních součinitele nesouměrnosti kmitu.

Tento dokument a v něm obsažené informace nesmí být publikovány, reprodukovány ani jinak poskytnuty třetím osobám bez písemného svolení autora.

© VZLÚ – 2017.

| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
|--------------|---------|---------------|---------|
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 4 / 32 |



SEZNAM

| | | |
|-------|---------------------------------|----|
| 1 | Úvod | 6 |
| 2 | Materiál a podmínky měření..... | 8 |
| 2.1 | Výroba zkušebních těles | 8 |
| 2.2 | Podmínky zkoušky | 11 |
| 3 | Metodika zkoušek | 12 |
| 3.1 | Únavové vlastnosti | 12 |
| 3.2 | Zkušební zařízení | 12 |
| 4 | Výsledky..... | 14 |
| 4.1 | Experimentální data | 14 |
| 4.2 | Vyhodnocení dat | 16 |
| 4.2.1 | Kulatina..... | 17 |
| 4.2.2 | Čtyřhran..... | 21 |
| 4.2.3 | Plochý vzorek..... | 24 |
| 4.2.4 | Porovnání polotovarů..... | 26 |
| 5 | Závěr | 29 |
| 6 | Reference | 30 |
| | Příloha A – Kalibrace | 31 |

| | | | |
|--------------|---------|---------------|---------|
| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 5 / 32 |



1 ÚVOD

V rámci zkušebního programu této zakázky byly zjišťovány únavové vlastnosti oceli 30 CHGSA při RT. Zkoušky byly realizovány pro společnost Blaník Aircraft CZ s.r.o. jako objednávka č. 715200129 – Obr. 1 a Obr. 2.

Blaník Aircraft CZ s.r.o.

Přerov I - Město 3355 750 02 Přerov

Bankovní spojení : UniCredit Bank 2111024143 / 2700
DIČ : CZ03616207 IČ : 03616207

C 60701 vedená u Krajského soudu v Ostravě

Adresát Výzkumný a zkušební letecký ústav,

Beranových 130

199 05 Praha - Letňany

Telefon : +420 286 920 930

E-mail : info@vzlu.cz

Objednávka číslo : 715200129

Realizaci únavových zkoušek vzorků na únavu na třech hladinách součinitele nesouměrnosti zatěžovacího kmitu $R = -1, 0$ a $0,6$ (celkem v rozsahu cca 36 vzorků).

Přípravné práce, realizaci únavové zkoušky, dokumentaci zkoušek, vyhodnocení dat (únavových křivek) a vypracování zkušební zprávy.

Zatížení bude voleno tak, aby výsledky byly získány v rozsahu 104 až 3.106 kmitů. Parametry zkoušek budou voleny v souladu s normami EN6072, ASTM E468 a MMPDS 07.

Blaník Aircraft CZ s.r.o. dodá materiál - tyč 30 mm 30 ChGSA včetně materiálových atestů

Realizace únavové zkoušky - 196 500 Kč

Výroba zkušebních vzorků - 40 Ks - 63 000 Kč

Ceny jsou bez DPH

Dodací lhůta : Leden 2016

Způsob dopravy : EXW

Středisko : 700 logistika

Poznámka Nabídka VZLÚ : NA321500900

Dne : 9.12.2015 Přerov

A321500900 032150402 - N2FG15
 032150401
 - N1FG62 -
 - KTC.SOC - 10

| | |
|--|---------------------|
| Převzetím zápisem splnit požadavky objednávky/sml. | |
| Termín: 06/12/15 | Cena: 65 000,- |
| Ústav: 3000 | Datum: 14.12.2015 |
| Kód činnosti: TFC | Podpis: [Signature] |
| Číslo zakázky: | |

Blaník (3)Blaník Aircraft CZ s.r.o.
Přerov I - Město 3355, 750 02 Přerov
DIČ: CZ03616207, www.blanik.aero

S pozdravem

Ekonomický systém FSPNET

Obr. 1 Objednávka společnosti Blaník Aircraft CZ s.r.o. č. 715200129 na výrobu a zkoušky 40 těles

| | | | |
|--------------|---------|---------------|---------|
| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 6 / 32 |



Objednávka číslo : 715200180

Výroba 12 ks zkušebních vzorků (mat. 30 ChGSA tyč 60 x 60) - 18 000 Kč

Odzkoušení, dokumentování, vyhodnocení dat ze čtvercové tyče a porovnáním obou polotovarů - 62 000 Kč

Dodací lhůta : 1 týden

Způsob dopravy : EXW

Středisko : 700 logistika

Poznámka

Dne : 24.3.2016 Přerov

Blaník (3)

Blaník Aircraft CZ s.r.o.
Přerov I - Město 3355, 750 02 Přerov
DIČ: CZ03616207, www.blanik.aero

S pozdravem :

Ekonomický systém FSPNET

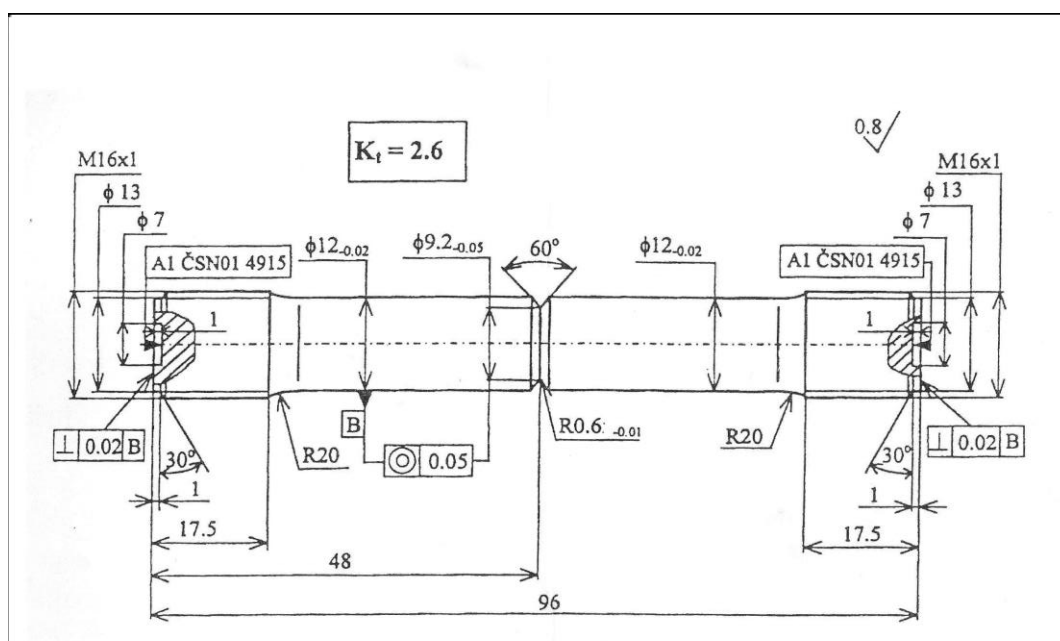
Obr. 2 Doplnková objednávka společnosti Blaník Aircraft CZ s.r.o. č. 715200180 na výrobu 12 těles

| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
|--------------|---------|---------------|---------|
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 7 / 32 |

2 MATERIÁL A PODMÍNKY MĚŘENÍ

2.1 Výroba zkušebních těles

Do VZLÚ byl doručen polotovary-kulatina $\varnothing 30\text{mm}$ - z oceli 30 CHGSA pro výrobu 40 zkušebních těles dle výkresu na Obr. 3. Složení deklarované výrobcem je na Obr. 4 a protokol kontroly tvrdosti na Obr. 5. Ne u všech zkušebních těles se podařilo vyrobít povrch vrubu v dostatečné kvalitě. Byla proto vybrána tělesa s akceptovatelným povrchem a zbytek byl přebroušen na požadovanou kvalitu. Během diskuse bylo zjištěno, že reálný díl je vyráběn z jiného polotovaru - čtyřhranné tyče. Proto bylo dodatečně vyrobeno 12 kusů zkušebních těles z tohoto polotovaru. Po odjetí zkoušek bylo rozhodnuto pro potvrzení výsledků vyrobit a vyzkoušet 10 plochých těles se stejnou vrubovitostí - Obr. 6 a protokol kontroly tvrdosti na Obr. 7.



Obr. 3 Výkres tělesa pro únavové zkoušky

| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
|--------------|---------|---------------|---------|
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 8 / 32 |



02 145296083

| | | |
|---|---|--|
| <p>ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ОАО "ИЖСТАЛЬ" ИЖЕВСК, РОССИЯ Почетпатель: ЧЕЛЯБИНСК ООО "ПРОМГРУППА"</p> <p>Цех: 32 / 450 Склад: 713</p> <p>Грузополучатель: ЧЕЛЯБИНСК ООО "ПРОМГРУППА"</p> <p>Обозначение плавки: К 6236</p> <p>Номер партии: 74529</p> | <p>Наименование и усрбное обозначение продукции КВАДРАТ В1-60 ГОСТ 2591-2006 30ХГСА-2 ГОСТ 4543-71</p> <p>Марка стали: 30ХГСА Вид прокатки: 90/114 Заказ: 2307371</p> <p>Позиция: 1 Год исполнения: 2015</p> <p>Размер: 60,00 мм Длина: немерная</p> <p>Способ выплавки: электродпечь</p> | <p>Сертификат № 74529 Состояние поставки: без термообработки</p> <p>Назначение: группа 2</p> <p>Режим термической обработки партии:</p> <p>Твердость по Бринеллю в состоянии поставки:</p> <p>Количество мест - шт.: 1-6 Вес партии, тн: 0,840</p> |
|---|---|--|

Система менеджмента качества
ОАО "Ижсталь" сертифицирована
на соответствие ISO 9001:2008

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|--|--|--|--|--|--|
| Химический состав, % | C | Mn | Si | P | S | Cr | Ni | Cu | Mo | V | W | Ti | | | | | | |
| К 6236 | 0,29 | 1,03 | 1,09 | 0,016 | 0,005 | 1,00 | 0,13 | 0,14 | 0,02 | 0,010 | 0,01 | 0,01 | | | | | | |

Заказка 880°С масло Отпуск 520°С вода

| Механические свойства и структурные характеристики после термообработки | | | | | | Микроструктура в баллах | Плавочный контроль | В сорте | Неметаллические включения, балл | | | Другие виды испытаний |
|---|-----------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------|---------|---------------------------------|----------------|---|-----------------------|
| № обознач. | Направ. волокна | предел текучести, кгс/мм² | врем. сопротив. разрыву, кгс/мм² | относит. удлинение, % | относит. сужение, % | | | | удалочная вязкость, кгс/см² | Харак. термич. | Средний балл | |
| 1 | вд | 112,0 | 125,0 | 11,5 | 49,5 | 5,6 | Центральная пористость | 0 | | | <p>Макроструктура удовлетворительная. Форма поперечного сечения определена измерением разности диагоналей.</p> <p>Подпись мастера УОП и штамп Технического контроля</p> | |
| 2 | вд | 113,0 | 126,0 | 12,0 | 51,0 | 5,8 | Точечная неоднородность | 2 | | | | |
| | | | | | | | Общая пятнист. ликвация | 0 | | | | |
| | | | | | | | Краявая пятнист. ликвация | 0 | | | | |
| | | | | | | | Ликвационный миклодрат | 0 | | | | |
| | | | | | | | Подушечная ликвация | 0 | | | | |
| | | | | | | | Межкристал. трещина | 0 | | | | |
| | | | | | | | Подкорковые пузыри | 0 | | | | |
| | | | | | | | Светлый контур | 0 | | | | |
| | | | | | | | Полосная кристаллизация | 0 | | | | |
| | | | | | | | Точечная пятн. неоднородность | 0 | | | | |
| | | | | | | | Излом | 0 | | | | |

Заключение лаборатории Сертификат заводской Зорина И.Ю. Старший лаборант Зорина И.Ю. 04.11.2015
Соответствует ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2591-2006

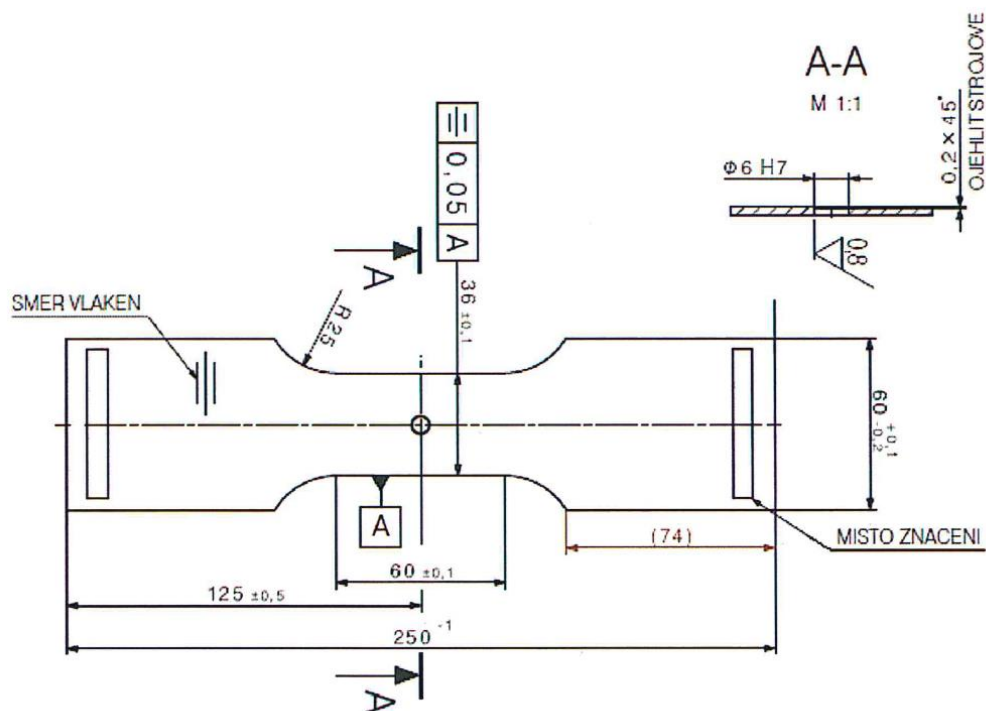
Примечание: Претензии и рекламации на продукцию принимаются и рассматриваются при указании номера заказа, номера сертификата, обозначение плавки и номера партии.

Obr. 4 Chemické složení a mechanické vlastnosti materiálu těles 30 CHGSA.

| <p>ČESKÁ ZBRŮJOVKA 9100 1974</p> <p style="text-align: center;">KL00050066</p> <p>Protokol o kontrole tvrdosti a odesílací list</p> <p>Zákazník: Blank Aircraft CZ s.r.o.</p> <p>Materiál: 30ChGSA</p> <p>Druh tepelného zpracování: Izot.kalit</p> <p>Vrstva: _____</p> <p>Předepsaná tvrdost: 1080.00 - 1420.00 MPa</p> <p>Rozměr: _____</p> <p>Název dílu: Vzorky</p> <p>Kusů: 52.00</p> <p>Hmotnost: _____</p> <p>Zakázka: KL00050066</p> <p>Zakázka odběratele: 715200194</p> <p>Datum příjmu: 18.04.2016 07:15:52</p> <p>Zákazník: Blank Aircraft CZ s.r.o.; Vytisknout průběh vsázky</p> <p style="text-align: center;">Naměřené hodnoty</p> <p>Dosažená tvrdost: 1158 - 1323 HRC</p> <p>Zkoušku provedl: _____</p> <p>Zkouška provedena dne: 18.04.2016</p> <p>Díly předal: _____</p> <p>Díly převzal: _____ SPZ: _____</p> <p>Dne: 20.4.</p> <p style="font-size: small;">Vypracoval: Zdeněk Štojaspal</p> | <p style="text-align: center;">Postup tepelného zpracování</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Operace</th> <th>Teplota</th> <th>Čas</th> <th>Potenciál</th> <th>Zařízení</th> <th>Prostředí</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6">Ke vzorkům navázat čísla 1-52 dle označení sáčků.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Izoter. Kalit</td> <td>870 - 900°C</td> <td>00:50</td> <td>0,35</td> <td>Codere Súl 355-365°C</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Odmastit před tep. zprac. v PERU program 4. Prog.: K-120-TECHNO-880-S355</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6">Kontrola tvrdosti - 100% dílů. Měřit na čele dílů pomocí HRB. Hodnoty zapsat do příložené tabulky.</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6">Balit do sáčků.</td> </tr> </tbody> </table> | Operace | Teplota | Čas | Potenciál | Zařízení | Prostředí | 1 | | | | | | Ke vzorkům navázat čísla 1-52 dle označení sáčků. | | | | | | 2 | Izoter. Kalit | 870 - 900°C | 00:50 | 0,35 | Codere Súl 355-365°C | Odmastit před tep. zprac. v PERU program 4. Prog.: K-120-TECHNO-880-S355 | | | | | | 3 | | | | | | Kontrola tvrdosti - 100% dílů. Měřit na čele dílů pomocí HRB. Hodnoty zapsat do příložené tabulky. | | | | | | 4 | | | | | | Balit do sáčků. | | | | | |
|--|--|-------------|-----------|----------|----------------------|----------|-----------|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|---------------|-------------|-------|------|----------------------|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|-----------------|--|--|--|--|--|
| Operace | Teplota | Čas | Potenciál | Zařízení | Prostředí | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ke vzorkům navázat čísla 1-52 dle označení sáčků. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Izoter. Kalit | 870 - 900°C | 00:50 | 0,35 | Codere Súl 355-365°C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Odmastit před tep. zprac. v PERU program 4. Prog.: K-120-TECHNO-880-S355 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kontrola tvrdosti - 100% dílů. Měřit na čele dílů pomocí HRB. Hodnoty zapsat do příložené tabulky. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Balit do sáčků. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Obr. 5 Kontrola tvrdosti materiálu vzorků 30 CHGSA.

| | | | |
|--------------|---------|---------------|---------|
| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 9 / 32 |



1. VSECHNY VZORKY VYRABET Z JEDNOHO POLOTOVARU

Obr. 6 Výkres plochého tělesa pro únavové zkoušky



L000030266-0

Protokol o kontrole tvrdosti a odesílací list

| | |
|--------------------|---------------------------|
| Zákazník | Blaník Aircraft CZ s.r.o. |
| Materiál | 30ChGSA |
| Popis | Blaník - vzorky - nz+ik |
| Vrstva | |
| Předepsaná tvrdost | 1080-1420 MPa |
| Rozměr | |
| Díl | 1710-BLA-000001 |
| Množství | 10 |
| Hmotnost | |
| Zakázka | L000030266-0 |
| Zakázka odběratele | 715200396 |
| Datum příjmu | 24.09.2016 |

Naměřené hodnoty

| | |
|-----------------------|------------------------|
| Dosažená tvrdost | 1174 MPa |
| Zkoušku provedl | KONTROLA TVRDNOSTI 157 |
| Zkouška provedena dne | 25-09-2016 |
| Díly předal | |
| Díly převzal | POSLANO POSLOU |
| Dne | SPZ: |

Vypracoval: Stojaspał

- 1 - 12 - 2016

Obr. 7 Kontrola tvrdosti materiálu plochých vzorků 30 CHGSA.

| | | | |
|--------------|---------|---------------|---------|
| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 10 / 32 |



2.2 Podmínky zkoušky

Zkoušky byly provedeny za pokojové teploty.

| | | | |
|---------------------|----------------|----------------------|----------------|
| <i>Číslo zprávy</i> | <i>Revize:</i> | <i>Datum revize:</i> | <i>Strana:</i> |
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 11 / 32 |

3 METODIKA ZKOUŠEK

3.1 Únavové vlastnosti

Zkoušky byly realizovány dle metodiky uvedené ve zprávě[1] v souladu s normou pro únavové zkoušky kovových materiálů řízené silou – [2-4], kde jsou uvedeny požadavky a způsob prověření přesnosti upevnění zkušebního tělesa v čelistech zatěžovacího stroje a způsob prezentace výsledků. Únavové zkoušky byly realizovány na třech úrovních součinitele nesouměrnosti zatěžovacího kmitu $R = -1; 0$ a $0,6$ (celkem v rozsahu 52 vzorků). Zatížení bylo voleno tak, aby výsledky byly získány v rozsahu 10^4 až 10^6 kmitů.

3.2 Zkušební zařízení

Ke zkoušce bylo použito následující zařízení s vypsányými parametry:

- Elektrohydraulický stroj INOVA ZUZ 100 K - Obr. 8, 9
- Řídicí systém: EU 3000,
- Software: Test Control verze 1.5
- Siloměr: GTM typ K v.č.56536. Kalibrace viz Příloha Obr. A1



Obr. 8 Elektrohydraulický stroj INOVA ZUZ 100 kN s upnutým válcovým tělesem

| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
|--------------|---------|---------------|---------|
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 12 / 32 |



Obr. 9 Elektrohydraulický stroj INOVA ZUZ 100 kN s upnutým plochým tělesem

| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
|--------------|---------|---------------|---------|
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 13 / 32 |



4 VÝSLEDKY

4.1 Experimentální data

Počáteční rozměry a výsledné parametry, σ_{\max} , a počet cyklů do poruchy N_f , při zkouškách zkušebních těles jsou uvedeny v tabulkách Tab. 1 - polotovar kulatina a Tab. 2 - polotovar čtyřhran, Tab. 3 – plochý polotovar,

Tab. 1 Počáteční průřez, součinitel asymetrie, parametr zatěžování σ_{\max} a počet cyklů do poruchy, při zkouškách těles z kulatiny.

| Vzorek | Průřez nett | R | σ_{\max} | N_f |
|--------|-----------------|------|-----------------|--------|
| | mm ² | 1 | MPa | 1 |
| 37 | 63,90 | -1,0 | 220 | 156126 |
| 39 | 65,04 | -1,0 | 230 | 130404 |
| 36 | 64,23 | -1,0 | 240 | 139944 |
| 6 | 64,17 | -1,0 | 250 | 83648 |
| 11 | 64,37 | -1,0 | 250 | 83871 |
| 12 | 64,06 | -1,0 | 300 | 74085 |
| 9 | 66,78 | -1,0 | 300 | 40839 |
| 13 | 64,14 | -1,0 | 350 | 38291 |
| 17 | 63,66 | -1,0 | 400 | 21712 |
| 5 | 64,03 | -1,0 | 450 | 12399 |
| 2 | 64,17 | -1,0 | 500 | 9263 |
| 30 | 66,09 | -1,0 | 600 | 4825 |
| 1 | 64,35 | -1,0 | 700 | 2945 |
| 24 | 66,13 | 0,0 | 290 | 281065 |
| 23 | 66,36 | 0,0 | 300 | 244012 |
| 15 | 64,27 | 0,0 | 325 | 315744 |
| 29 | 66,13 | 0,0 | 325 | 114536 |
| 22 | 66,42 | 0,0 | 350 | 81129 |
| 3 | 64,61 | 0,0 | 370 | 101006 |
| 10 | 63,65 | 0,0 | 400 | 86456 |
| 33 | 66,25 | 0,0 | 400 | 62518 |
| 34 | 66,01 | 0,0 | 400 | 49241 |
| 32 | 64,34 | 0,0 | 420 | 43922 |
| 26 | 64,34 | 0,0 | 460 | 34123 |
| 7 | 63,79 | 0,0 | 500 | 27180 |
| 19 | 63,91 | 0,0 | 600 | 19621 |
| 25 | 66,04 | 0,0 | 600 | 17841 |
| 4 | 64,20 | 0,0 | 700 | 14398 |
| 14 | 64,01 | 0,0 | 700 | 12032 |
| 18 | 64,43 | 0,0 | 800 | 7412 |
| 38 | 64,43 | 0,6 | 590 | 293206 |
| 40 | 66,82 | 0,6 | 700 | 100768 |
| 16 | 64,10 | 0,6 | 600 | 397951 |
| 35 | 64,14 | 0,6 | 610 | 342772 |
| 31 | 63,62 | 0,6 | 620 | 175545 |
| 28 | 64,35 | 0,6 | 650 | 196914 |
| 20 | 63,73 | 0,6 | 700 | 159707 |
| 21 | 64,00 | 0,6 | 800 | 70575 |
| 27 | 64,90 | 0,6 | 900 | 34683 |

| | | | |
|--------------|---------|---------------|---------|
| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 14 / 32 |

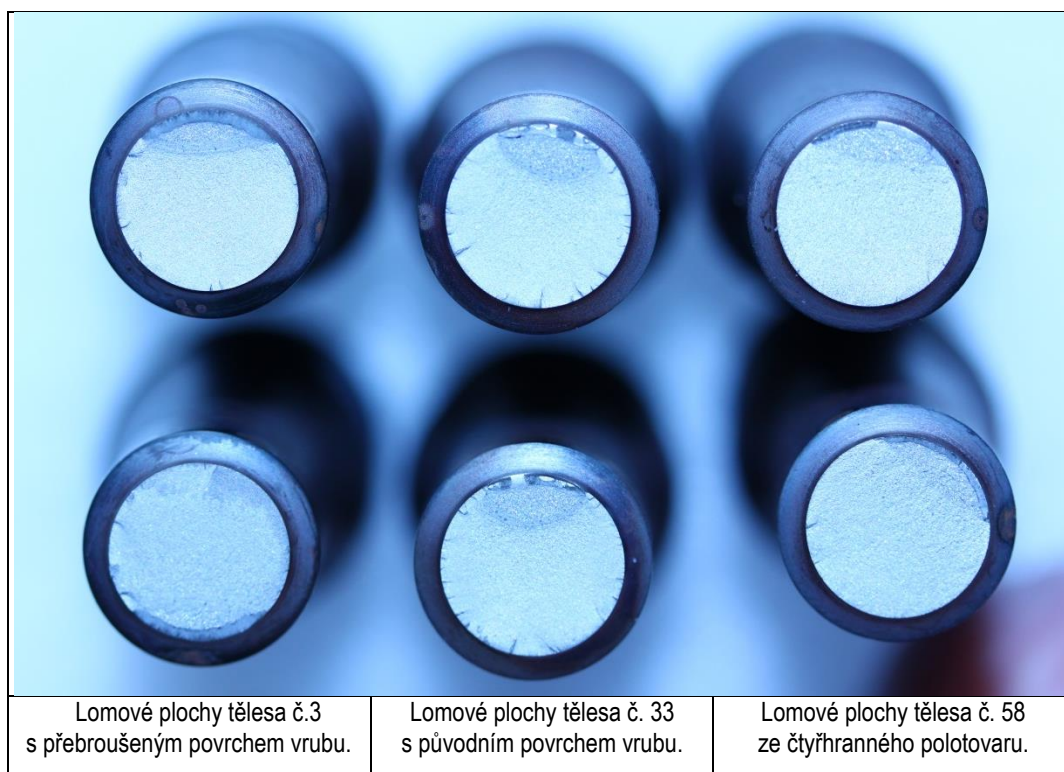
Tab. 2 Počáteční průřez, součinitel asymetrie, parametr zatěžování σ_{\max} a počet cyklů do poruchy N, při zkouškách těles ze čtyřhranu.

| Vzorek | Průřez nett | R | σ_{\max} | N_f |
|--------|-----------------|------|-----------------|--------|
| | mm ² | 1 | MPa | 1 |
| 57 | 66,30 | -1,0 | 400 | 15001 |
| 52 | 66,39 | -1,0 | 500 | 8911 |
| 54,00 | 66,29 | 0,0 | 275 | 251369 |
| 58,00 | 66,51 | 0,0 | 300 | 182941 |
| 51,00 | 65,94 | 0,0 | 400 | 48804 |
| 53,00 | 66,82 | 0,0 | 400 | 55397 |
| 55,00 | 67,11 | 0,0 | 400 | 63682 |
| 61,00 | 67,29 | 0,0 | 650 | 13629 |
| 56 | 66,23 | 0,6 | 570 | 210143 |
| 62 | 67,08 | 0,6 | 600 | 277447 |
| 59 | 66,13 | 0,6 | 750 | 98362 |
| 60 | 66,61 | 0,6 | 850 | 42478 |

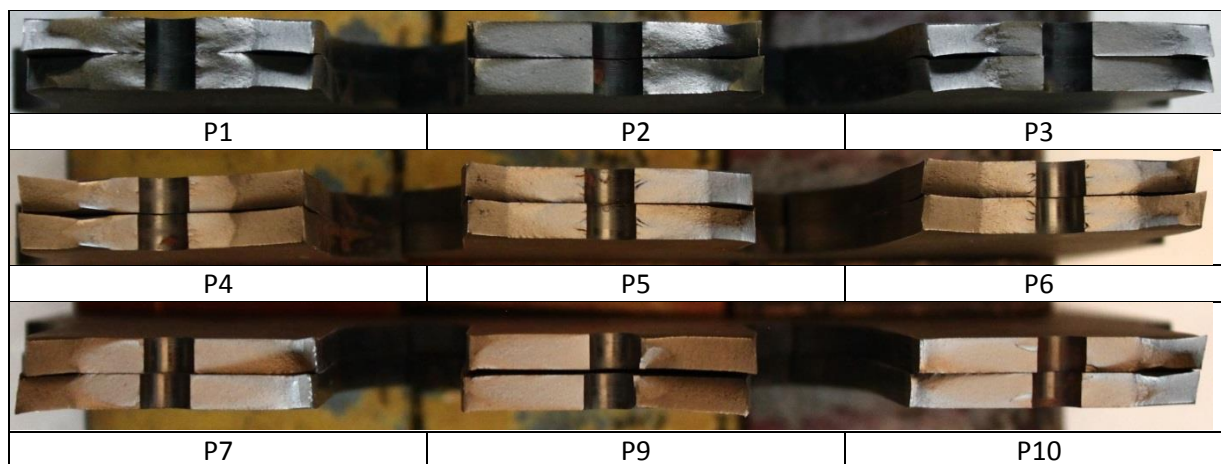
Tab. 3 Počáteční průřez, součinitel asymetrie, parametr zatěžování σ_{\max} a počet cyklů do poruchy N, při zkouškách plochých těles.

| Vzorek | Průřez | R | σ_{\max} | Nf |
|--------|-----------------|-----|-----------------|-----------|
| | mm ² | 1 | MPa | 1 |
| P1 | 128,96 | 0 | 700 | 15 646 |
| P2 | 129,26 | 0 | 300 | 197 135 |
| P3 | 125,61 | 0,6 | 600 | 209 745 |
| P4 | 129,52 | 0,6 | 850 | 65 162 |
| P5 | 128,57 | 0 | 500 | 46 038 |
| P6 | 130,37 | 0 | 260 | 3 600 000 |
| P6 | 130,37 | 0 | 700 | 14 524 |
| P7 | 128,91 | 0 | 400 | 73 570 |
| P8 | | | | porucha |
| P9 | 128,87 | 0,6 | 600 | 204 704 |
| P10 | 128,87 | 0 | 350 | 154 020 |

Na obrázku Obr. 10 jsou fotografie příkladů lomových ploch zkušebních těles jednotlivých skupin těles a na Obr. 11 fotografie lomových ploch plochých těles.



Obr. 10 Příklady lomových ploch zkušebních těles jednotlivých skupin



Obr. 11 Lomové plochy plochých zkušebních těles

4.2 Vyhodnocení dat

Pro zpracování regrese výsledků byly výsledky válcových těles rozděleny do dvou skupin podle použitého polotovaru na kulatinu a čtyřhran.

Data únavových křivek obou polotovarů byla nejdříve proložena lineárním regresním modelem dle vztahu

$$\log(N_f) = A_1 + A_2 \cdot \log[(\sigma_{nett})_{max}], \quad (1)$$

| | | | |
|--------------|---------|---------------|---------|
| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 16 / 32 |



kde A_1 a A_2 jsou konstanty regresní křivky stanovené metodou nejmenších čtverců a $(\sigma_{\text{nett}})_{\text{max}}$ je maximální čisté napětí zatěžovacího kmitu.

V souladu s předpisem MMPDS-07 [3] byly únavové křivky proloženy také nelineární regresní křivkou ve tvaru (2)

$$\log(N_f) = A_1 + A_2 \cdot \log(\sigma_{\text{eq}} - A_4), \quad (2)$$

kde A_1 , A_2 , A_3 a A_4 jsou konstanty regresní křivky a σ_{eq} je ekvivalentní napětí definované jako

$$\sigma_{\text{eq}} = \sigma_{\text{max}} \cdot (1 - R)^{A_3}, \quad (3)$$

kde σ_{max} je maximální napětí zatěžovacího cyklu a R parametr asymetrie cyklu. Výslednou konstantu A_4 nelze považovat za mez únavy. Únava materiálu byla vyhodnocena v oblasti časované životnosti.

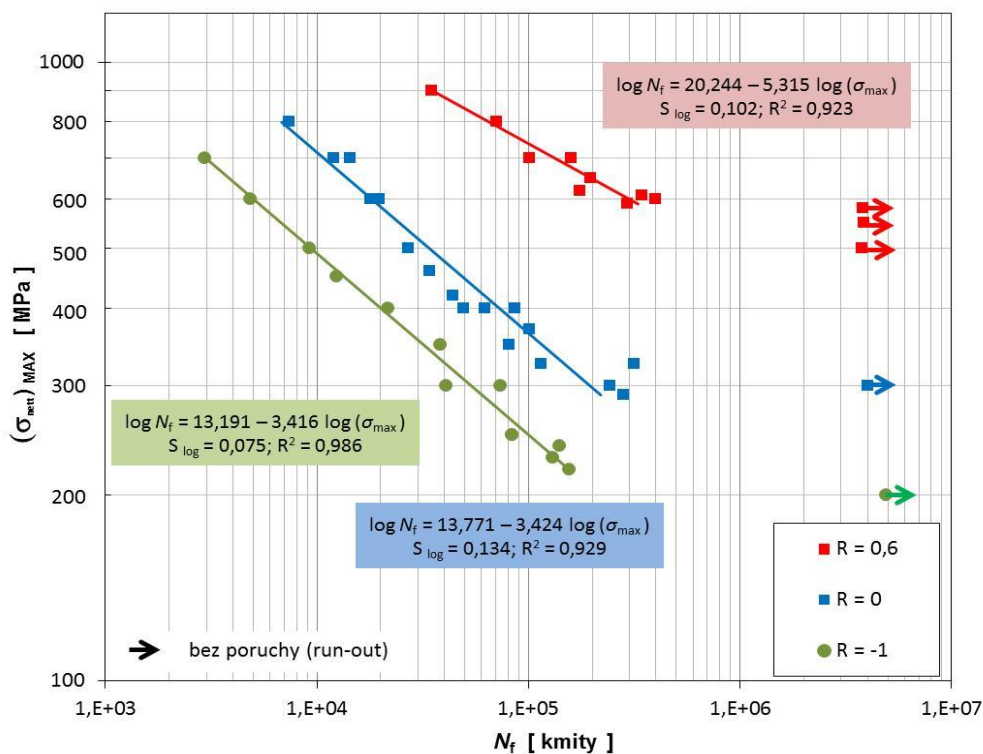
4.2.1 Kulatina

Tabulka modelovaných životů, křivky a parametry lineární regrese výsledných únavových závislostí těles z kulatiny jsou v Tab. 4 a na Obr. 12 s rezidui měření na Obr. 13. Tabulka modelovaných životů, křivky a parametry nelineární regrese výsledných únavových závislostí těles z kulatiny jsou v Tab. 5 a na Obr. 14 s rezidui měření na Obr. 15.

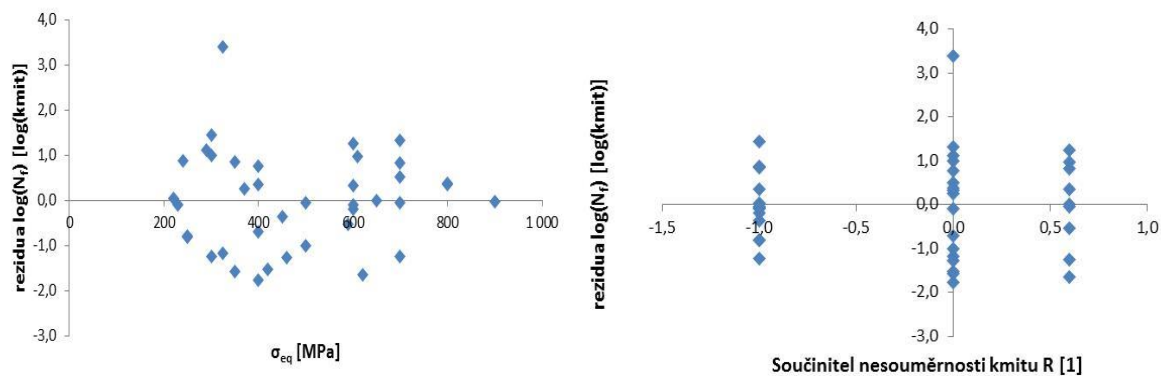
| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
|--------------|---------|---------------|---------|
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 17 / 32 |

Tab. 4 Počáteční průřez, součinitel asymetrie, parametr zatěžování σ_{\max} a počet cyklů do poruchy N, při zkouškách těles z kulatiny pro lineární regresi.

| Vzorek | Průřez nett | R | σ_{\max} | N_f | $N_{f\text{ model}}$ |
|--------|-----------------|------|-----------------|--------|----------------------|
| | mm ² | 1 | MPa | 1 | 1 |
| 37 | 63,90 | -1,0 | 220 | 156126 | 154 852 |
| 39 | 65,04 | -1,0 | 230 | 130404 | 133 038 |
| 36 | 64,23 | -1,0 | 240 | 139944 | 115 038 |
| 6 | 64,17 | -1,0 | 250 | 83648 | 100 066 |
| 11 | 64,37 | -1,0 | 250 | 83871 | 100 066 |
| 12 | 64,06 | -1,0 | 300 | 74085 | 53 682 |
| 9 | 66,78 | -1,0 | 300 | 40839 | 53 682 |
| 13 | 64,14 | -1,0 | 350 | 38291 | 31 707 |
| 17 | 63,66 | -1,0 | 400 | 21712 | 20 094 |
| 5 | 64,03 | -1,0 | 450 | 12399 | 13 438 |
| 2 | 64,17 | -1,0 | 500 | 9263 | 9 377 |
| 30 | 66,09 | -1,0 | 600 | 4825 | 5 030 |
| 1 | 64,35 | -1,0 | 700 | 2945 | 2 971 |
| 24 | 66,13 | 0,0 | 290 | 281065 | 219 335 |
| 23 | 66,36 | 0,0 | 300 | 244012 | 195 300 |
| 15 | 64,27 | 0,0 | 325 | 315744 | 148 489 |
| 29 | 66,13 | 0,0 | 325 | 114536 | 148 489 |
| 22 | 66,42 | 0,0 | 350 | 81129 | 115 215 |
| 3 | 64,61 | 0,0 | 370 | 101006 | 95 255 |
| 10 | 63,65 | 0,0 | 400 | 86456 | 72 941 |
| 33 | 66,25 | 0,0 | 400 | 62518 | 72 941 |
| 34 | 66,01 | 0,0 | 400 | 49241 | 72 941 |
| 32 | 64,34 | 0,0 | 420 | 43922 | 61 721 |
| 26 | 64,34 | 0,0 | 460 | 34123 | 45 204 |
| 7 | 63,79 | 0,0 | 500 | 27180 | 33 978 |
| 19 | 63,91 | 0,0 | 600 | 19621 | 18 202 |
| 25 | 66,04 | 0,0 | 600 | 17841 | 18 202 |
| 4 | 64,20 | 0,0 | 700 | 14398 | 10 738 |
| 14 | 64,01 | 0,0 | 700 | 12032 | 10 738 |
| 18 | 64,43 | 0,0 | 800 | 7412 | 6 798 |
| 38 | 64,43 | 0,6 | 590 | 293206 | 329 157 |
| 40 | 66,82 | 0,6 | 700 | 100768 | 132 676 |
| 16 | 64,10 | 0,6 | 600 | 397951 | 301 029 |
| 35 | 64,14 | 0,6 | 610 | 342772 | 275 712 |
| 31 | 63,62 | 0,6 | 620 | 175545 | 252 884 |
| 28 | 64,35 | 0,6 | 650 | 196914 | 196 721 |
| 20 | 63,73 | 0,6 | 700 | 159707 | 132 676 |
| 21 | 64,00 | 0,6 | 800 | 70575 | 65 248 |
| 27 | 64,90 | 0,6 | 900 | 34683 | 34 890 |



Obr. 12 Lineární regrese výsledných únavových křivek zkoušek těles z kulantiny

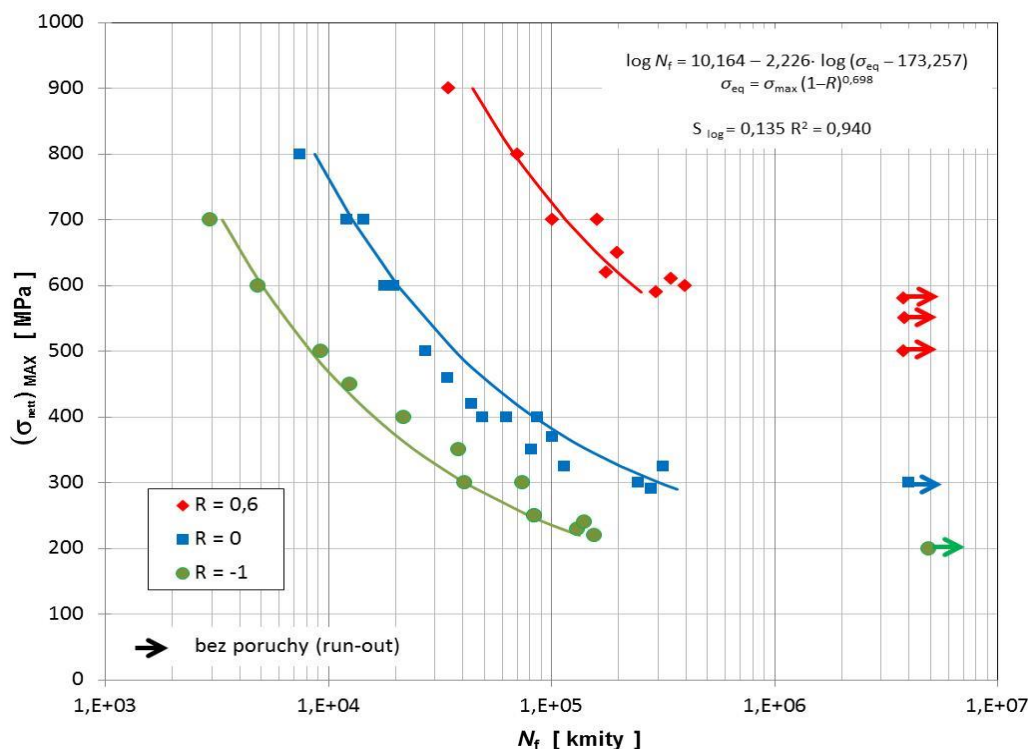


Obr. 13 Rezidua lineární regrese výsledných únavových křivek zkoušek těles z kulantiny.

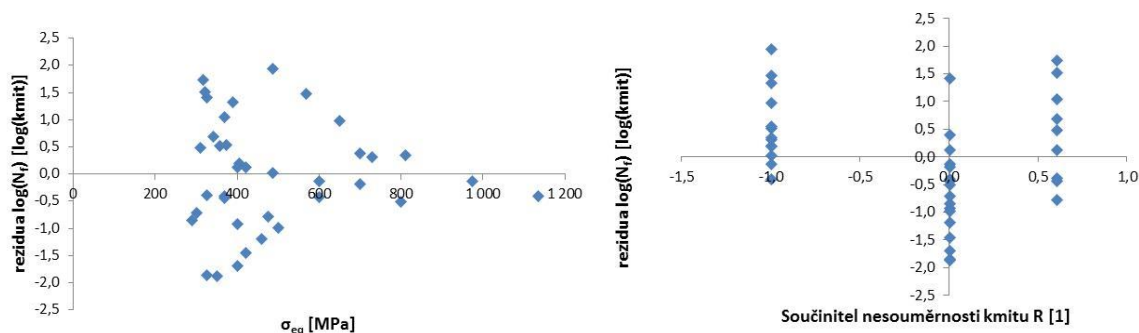
| | | | |
|--------------|---------|---------------|---------|
| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 19 / 32 |

Tab. 5 Počáteční průřez, součinitel asymetrie, parametr zatěžování σ_{\max} a počet cyklů do poruchy N, při zkouškách těles z kulatiny pro nelineární regresí.

| Vzorek | Průřez nett mm ² | R | σ_{\max} MPa | N _f | σ_{eq} | N _{fmodel} |
|--------|-----------------------------------|------|------------------------|----------------|---------------|---------------------|
| | | 1 | | 1 | 1 | 1 |
| 37 | 63,90 | -1,0 | 220 | 156 126 | 357 | 133 118 |
| 39 | 65,04 | -1,0 | 230 | 130 404 | 373 | 110 262 |
| 36 | 64,23 | -1,0 | 240 | 139 944 | 389 | 92 684 |
| 6 | 64,17 | -1,0 | 250 | 83 648 | 406 | 78 894 |
| 11 | 64,37 | -1,0 | 250 | 83 871 | 406 | 78 894 |
| 12 | 64,06 | -1,0 | 300 | 74 085 | 487 | 40 513 |
| 9 | 66,78 | -1,0 | 300 | 40 839 | 487 | 40 513 |
| 13 | 64,14 | -1,0 | 350 | 38 291 | 568 | 24 274 |
| 17 | 63,66 | -1,0 | 400 | 21 712 | 649 | 16 012 |
| 5 | 64,03 | -1,0 | 450 | 12 399 | 730 | 11 278 |
| 2 | 64,17 | -1,0 | 500 | 9 263 | 811 | 8 333 |
| 30 | 66,09 | -1,0 | 600 | 4 825 | 974 | 5 032 |
| 1 | 64,35 | -1,0 | 700 | 2 945 | 1 136 | 3 337 |
| 24 | 66,13 | 0,0 | 290 | 281 065 | 290 | 365 235 |
| 23 | 66,36 | 0,0 | 300 | 244 012 | 300 | 304 179 |
| 15 | 64,27 | 0,0 | 325 | 315 744 | 325 | 203 756 |
| 29 | 66,13 | 0,0 | 325 | 114 536 | 325 | 203 756 |
| 22 | 66,42 | 0,0 | 350 | 81 129 | 350 | 145 108 |
| 3 | 64,61 | 0,0 | 370 | 101 006 | 370 | 114 305 |
| 10 | 63,65 | 0,0 | 400 | 86 456 | 400 | 83 346 |
| 33 | 66,25 | 0,0 | 400 | 62 518 | 400 | 83 346 |
| 34 | 66,01 | 0,0 | 400 | 49 241 | 400 | 83 346 |
| 32 | 64,34 | 0,0 | 420 | 43 922 | 420 | 69 052 |
| 26 | 64,34 | 0,0 | 460 | 34 123 | 460 | 49 425 |
| 7 | 63,79 | 0,0 | 500 | 27 180 | 500 | 36 959 |
| 19 | 63,91 | 0,0 | 600 | 19 621 | 600 | 20 400 |
| 25 | 66,04 | 0,0 | 600 | 17 841 | 600 | 20 400 |
| 4 | 64,20 | 0,0 | 700 | 14 398 | 700 | 12 768 |
| 14 | 64,01 | 0,0 | 700 | 12 032 | 700 | 12 768 |
| 18 | 64,43 | 0,0 | 800 | 7 412 | 800 | 8 671 |
| 38 | 64,43 | 0,6 | 590 | 293 206 | 311 | 252 186 |
| 40 | 66,82 | 0,6 | 600 | 397 951 | 316 | 231 974 |
| 16 | 64,10 | 0,6 | 610 | 342 772 | 322 | 214 028 |
| 35 | 64,14 | 0,6 | 620 | 175 545 | 327 | 198 027 |
| 31 | 63,62 | 0,6 | 650 | 196 914 | 343 | 159 229 |
| 28 | 64,35 | 0,6 | 700 | 100 768 | 369 | 115 419 |
| 20 | 63,73 | 0,6 | 700 | 159 707 | 369 | 115 419 |
| 21 | 64,00 | 0,6 | 800 | 70 575 | 422 | 67 895 |
| 27 | 64,90 | 0,6 | 900 | 34 683 | 475 | 44 248 |



Obr. 14 Nelineární regrese výsledných únavových křivek zkoušek těles z kumatiny.



Obr. 15 Rezidua nelineární regrese výsledných únavových křivek zkoušek těles z kumatiny.

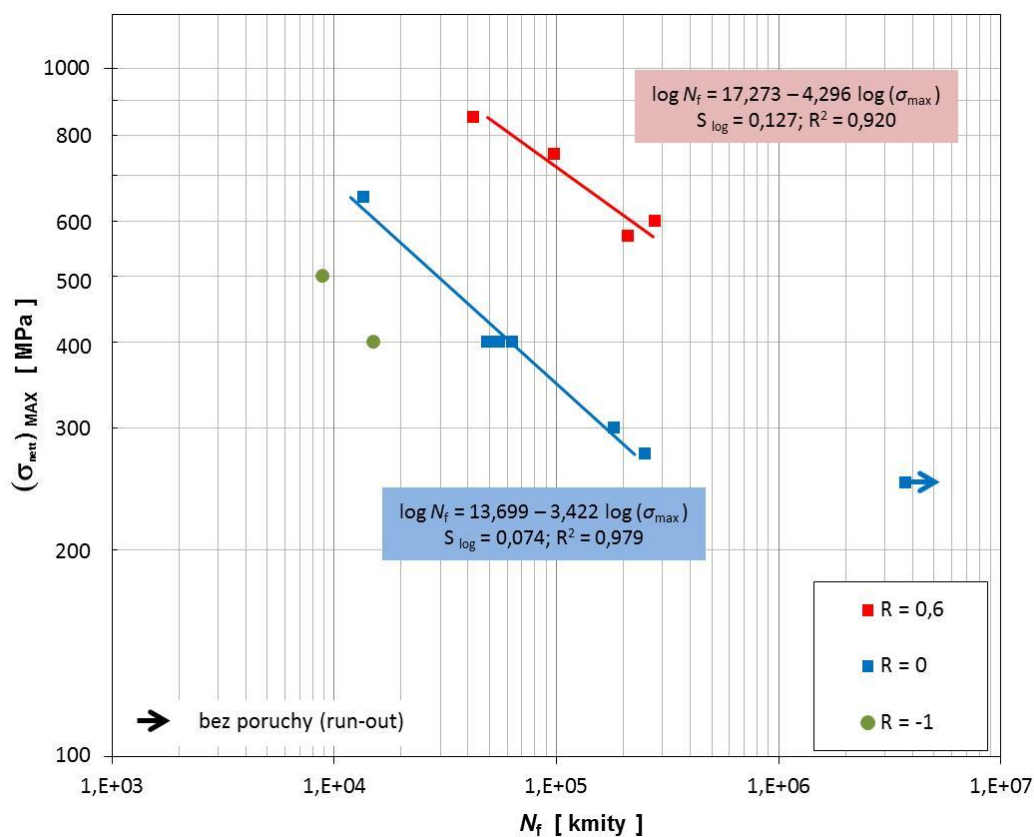
4.2.2 Čtyřhran

Tabulka modelovaných životů, křivky a parametry lineární regrese výsledných únavových závislostí těles z čtyřhranu jsou v Tab. 6 a na Obr. 16. Tabulka modelovaných životů, křivky a parametry nelineární regrese výsledných únavových závislostí těles z čtyřhranu jsou v Tab. 7 a na Obr. 17 s rezidui měření na Obr. 18.

| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
|--------------|---------|---------------|---------|
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 21 / 32 |

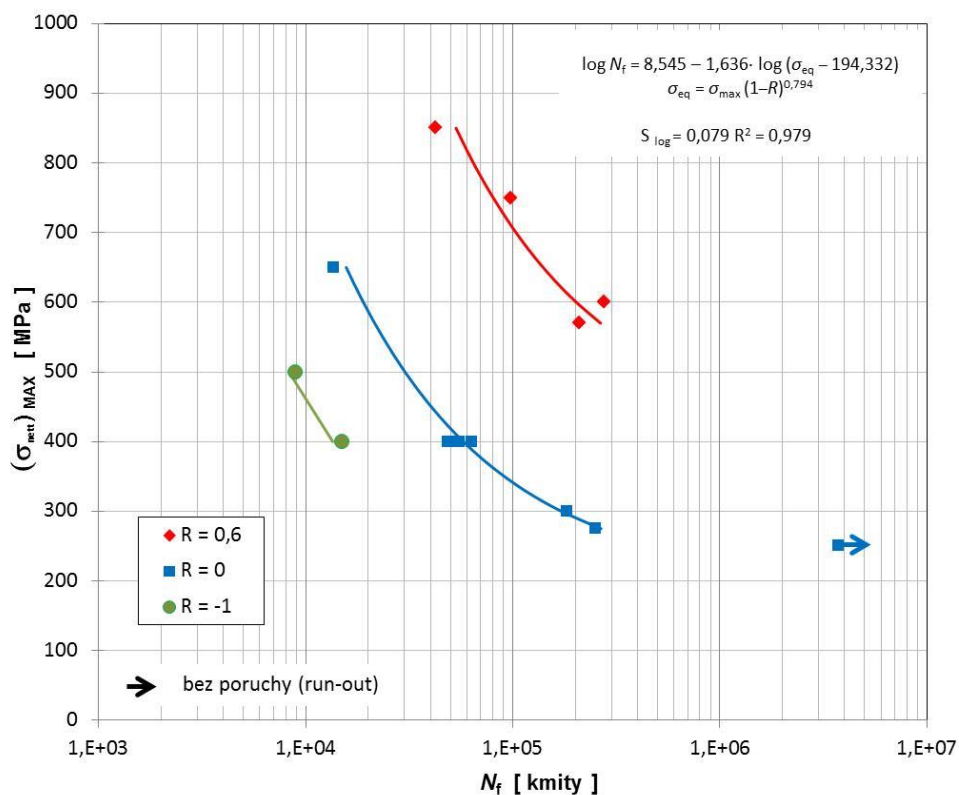
Tab. 6 Počáteční průřez, součinitel asymetrie, parametr zatěžování σ_{\max} a počet cyklů do poruchy N, při zkouškách těles ze čtyřhranu pro lineární regresi.

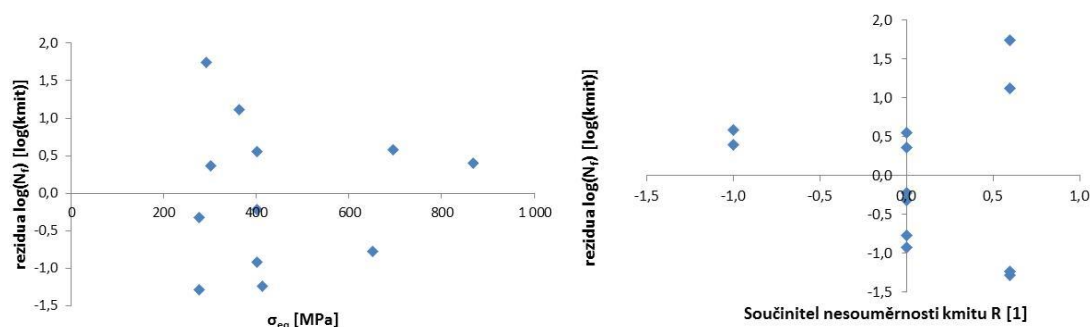
| Vzorek | Průřez nett mm ² | R | σ_{\max} MPa | N_f 1 | $N_{f \text{ model}}$ 1 |
|--------|--------------------------------|------|------------------------|------------|----------------------------|
| 57 | 66,30 | -1,0 | 400 | 15001 | 15001 |
| 52 | 66,39 | -1,0 | 500 | 8911 | 8911 |
| 54,00 | 66,29 | 0,0 | 275 | 251369 | 224836 |
| 58,00 | 66,51 | 0,0 | 300 | 182941 | 166939 |
| 51,00 | 65,94 | 0,0 | 400 | 48804 | 62378 |
| 53,00 | 66,82 | 0,0 | 400 | 55397 | 62378 |
| 55,00 | 67,11 | 0,0 | 400 | 63682 | 62378 |
| 61,00 | 67,29 | 0,0 | 650 | 13629 | 11845 |
| 56 | 66,23 | 0,6 | 570 | 210143 | 272248 |
| 62 | 67,08 | 0,6 | 600 | 277447 | 218410 |
| 59 | 66,13 | 0,6 | 750 | 98362 | 83748 |
| 60 | 66,61 | 0,6 | 850 | 42478 | 48919 |


Obr. 16 Lineární regrese výsledných únavových křivek zkoušek těles ze čtyřhranu

Tab. 7 Počáteční průřez, součinitel asymetrie, parametr zatěžování σ_{max} a počet cyklů do poruchy N, při zkouškách těles z čtyřhranu pro nelineární regresi.

| Vzorek | Průřez nett | R | σ_{max} | N | σ_{eq} | N model |
|--------|-----------------|-----|----------------|---------|---------------|---------|
| | mm ² | 1 | MPa | 1 | 1 | 1 |
| 57 | 66,30 | -1 | 400 | 15 001 | 694 | 13502 |
| 52 | 66,39 | -1 | 500 | 8 911 | 867 | 8291 |
| 54 | 66,29 | 0 | 275 | 251 369 | 275 | 266488 |
| 58 | 66,51 | 0 | 300 | 182 941 | 300 | 171344 |
| 51 | 65,94 | 0 | 400 | 48 804 | 400 | 57636 |
| 53 | 66,82 | 0 | 400 | 55 397 | 400 | 57636 |
| 55 | 67,11 | 0 | 400 | 63 682 | 400 | 57636 |
| 61 | 67,29 | 0 | 650 | 13 629 | 650 | 15685 |
| 56 | 66,23 | 0,6 | 570 | 210 143 | 275 | 264976 |
| 62 | 67,08 | 0,6 | 600 | 277 447 | 290 | 202405 |
| 59 | 66,13 | 0,6 | 750 | 98 362 | 362 | 80342 |
| 60 | 66,61 | 0,6 | 850 | 42 478 | 411 | 53125 |


Obr. 17 Nelineární regrese výsledných únavových křivek zkoušek těles ze čtyřhranu



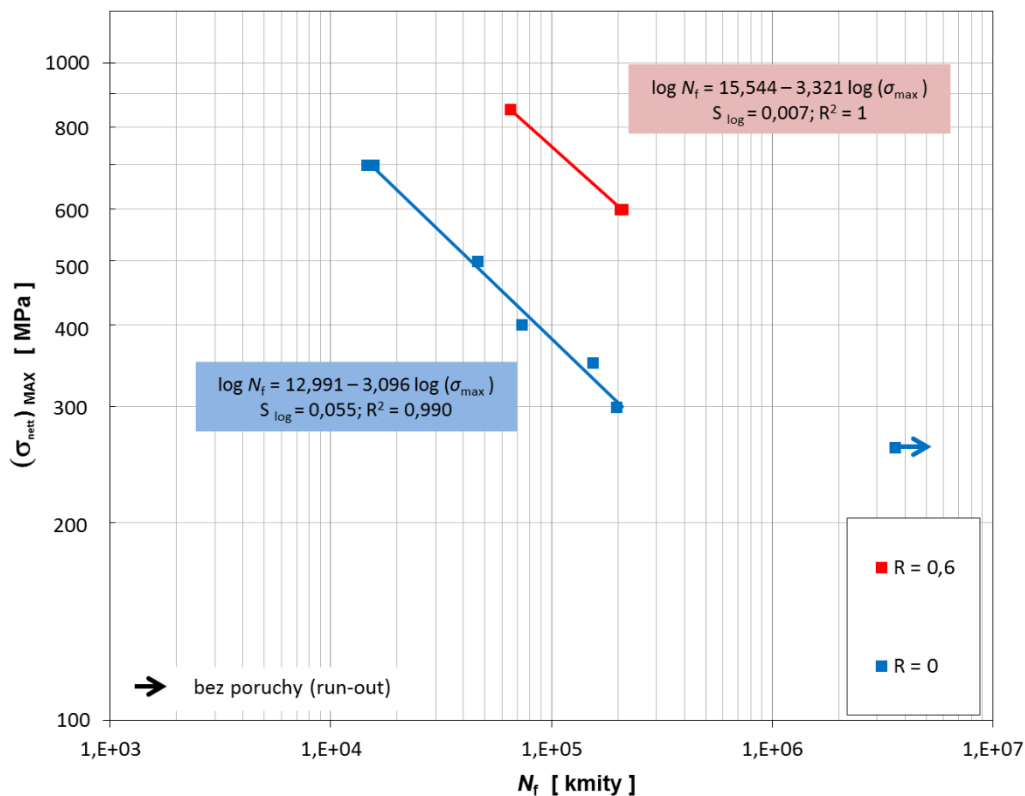
Obr. 18 Rezidua nelineární regrese výsledných únavových křivek zkoušek těles ze čtyřhranu

4.2.3 Plochý vzorek

Tabulka modelovaných životů, křivky a parametry lineární regrese výsledných únavových závislostí těles z plochých vzorků jsou v Tab. 8 a na Obr. 19. Tabulka modelovaných životů, křivky a parametry nelineární regrese výsledných únavových závislostí těles z plochých vzorků jsou v Tab. 9 a na Obr. 20 s rezidui měření na Obr. 21.

Tab. 8 Počáteční průřez, součinitel asymetrie, parametr zatěžování σ_{\max} a počet cyklů do poruchy N_f , při zkouškách plochých vzorků pro lineární regresi.

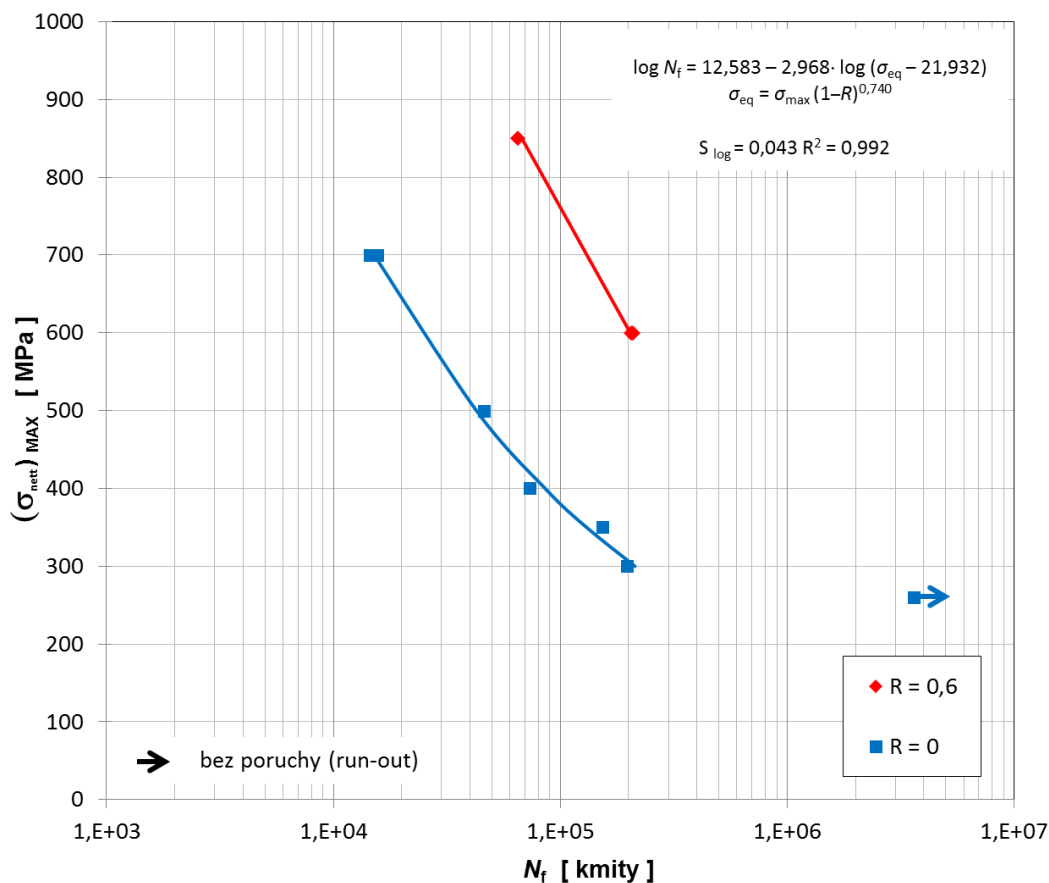
| Vzorek | R | σ_{\max} | N_f | N_f model |
|--------|-----|-----------------|---------|-------------|
| | 1 | MPa | 1 | 1 |
| P2 | 0 | 300 | 197 135 | 205 607 |
| P10 | | 350 | 154 020 | 128 128 |
| P7 | | 400 | 73 570 | 85 059 |
| P5 | | 500 | 46 038 | 42 894 |
| P1 | | 700 | 15 646 | 15 278 |
| P6 | | 700 | 14 524 | 15 278 |
| P3 | 0,6 | 600 | 209 745 | 207 209 |
| P9 | | 600 | 204 704 | 207 209 |
| P4 | | 850 | 65 162 | 65 162 |



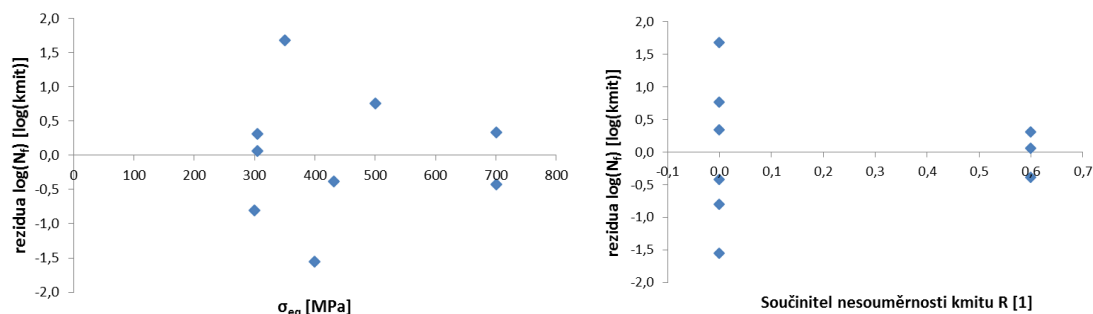
Obr. 4 Lineární regrese výsledných únavových křivek zkoušek plochých vzorků

 Tab. 9 Počáteční průřez, součinitel asymetrie, parametr zatěžování σ_{\max} a počet cyklů do poruchy N_f při zkouškách plochých vzorků pro nelineární regresi.

| Vzorek | R | σ_{\max} MPa | N_f 1 | σ_{eq} MPa | N_f model 1 |
|--------|-----|------------------------|------------|----------------------|------------------|
| P2 | 0 | 300 | 197 135 | 300 | 207534 |
| P10 | | 350 | 154 020 | 350 | 128713 |
| P7 | | 400 | 73 570 | 400 | 85140 |
| P5 | | 500 | 46 038 | 500 | 42717 |
| P1 | | 700 | 15 646 | 700 | 15125 |
| P6 | | 700 | 14 524 | 700 | 15125 |
| P3 | 0,6 | 600 | 209 745 | 303 | 201872 |
| P9 | | 600 | 204 704 | 303 | 201872 |
| P4 | | 850 | 65 162 | 429 | 68664 |



Obr. 20 Nelineární regrese výsledných únavových křivek zkoušek plochých vzorků

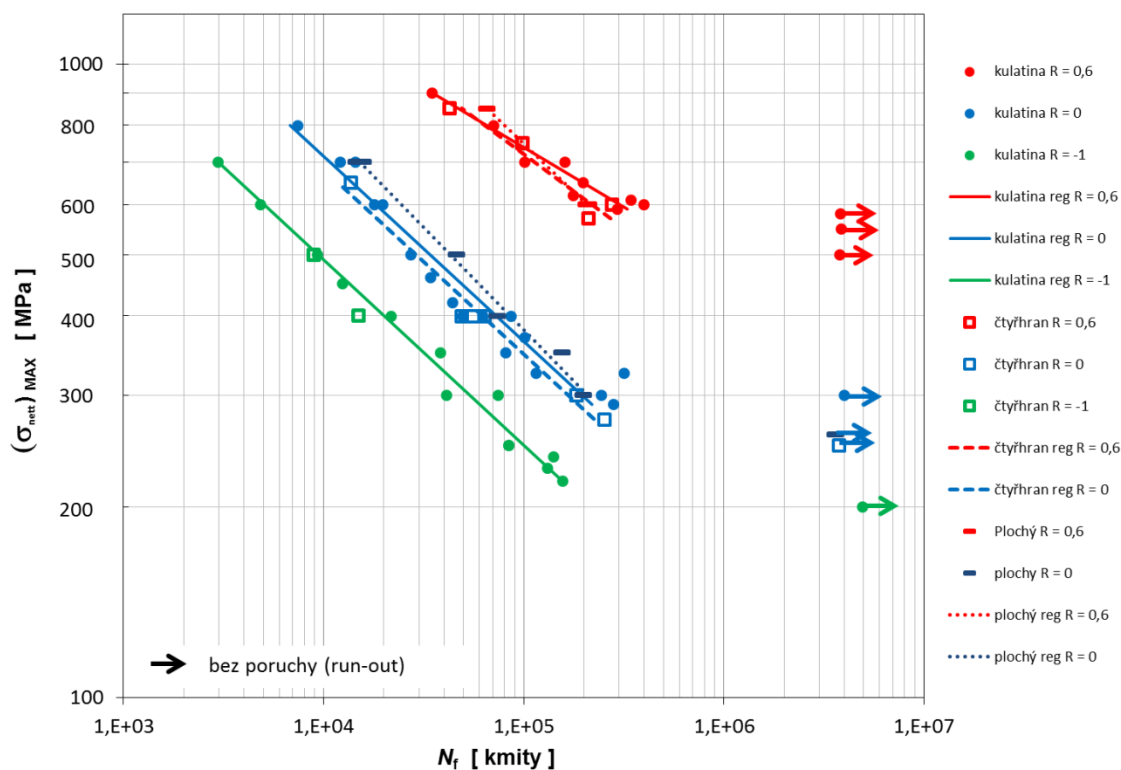


Obr. 5 Rezidua nelineární regrese výsledných únavových křivek zkoušek plochých vzorků

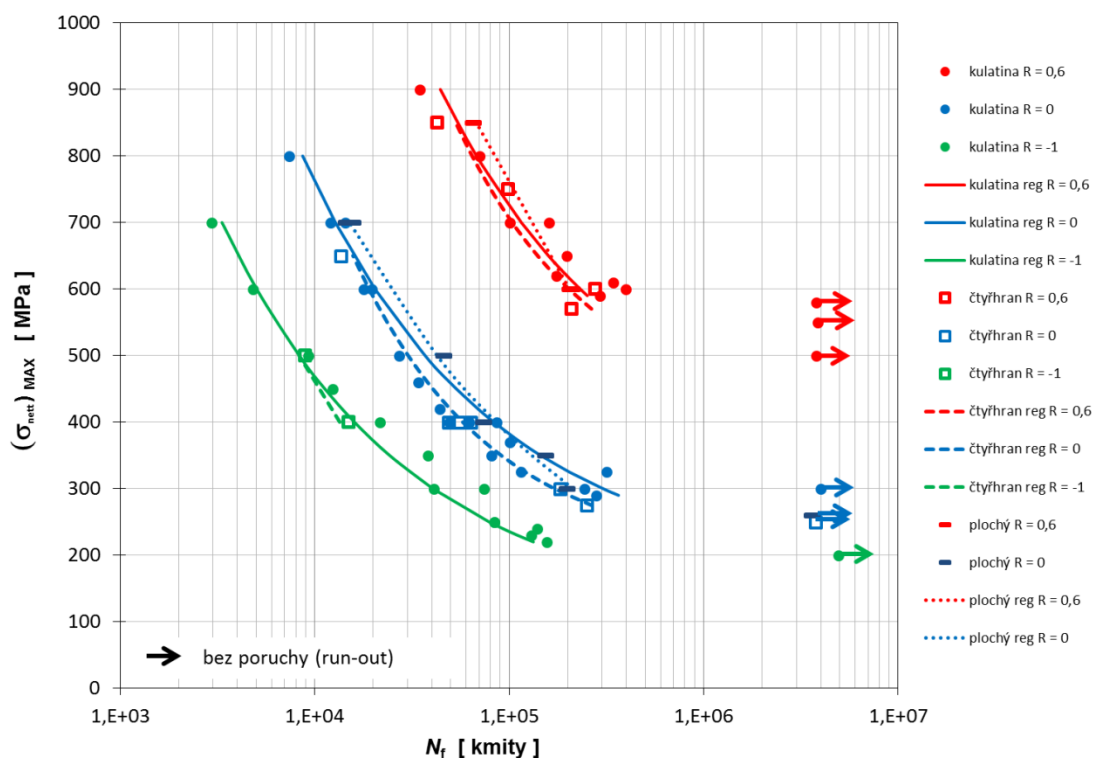
4.2.4 Porovnání polotovarů

Porovnání lineárních regresí výsledných únavových křivek z materiálu 30 CHGSA vyrobených z různých polotovarů – válcových těles kulatiny a čtyřhranu a plochých vzorků je na Obr. 22. Porovnání nelineárních regresí výsledných únavových křivek těles z kulatiny, čtyřhranu a plochých vzorků je na Obr. 23.

| | | | |
|--------------|---------|---------------|---------|
| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 26 / 32 |



Obr. 22 Porovnání lineárních regresí výsledných únavových křivek těles z kulatiny, čtyřhranu a plochých vzorků

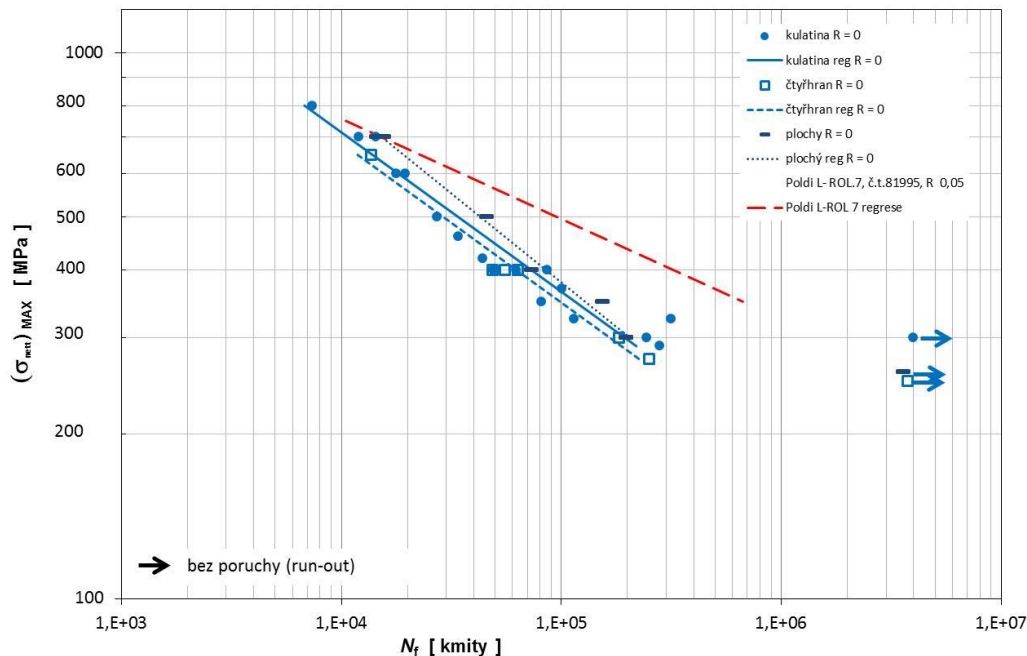


Obr. 6 Porovnání nelineárních regresí výsledných únavových křivek těles z kulatiny, čtyřhranu a plochých vzorků

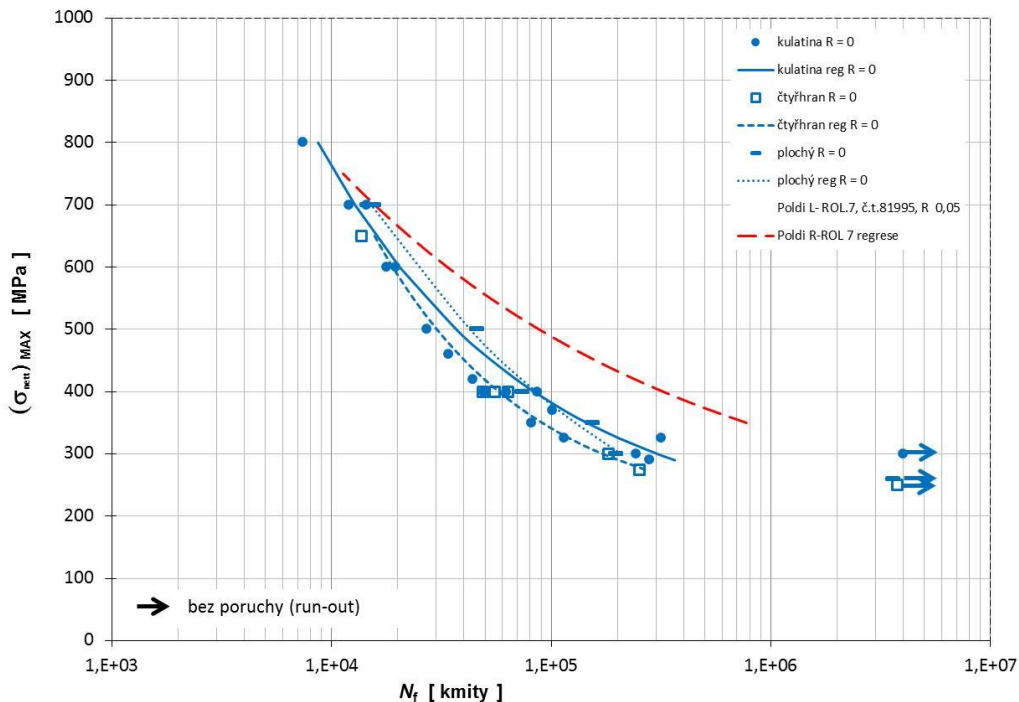
| | | | |
|--------------|---------|---------------|---------|
| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 27 / 32 |

4.2.5 Porovnání s L-ROL.7

Porovnání lineárních regresí výsledných únavových křivek pro asymetrii $R=0$ ($R=0,05$) zkoušených těles vyrobených z různých polotovarů materiálu 30 CHGSA – válcových těles z kulatiny a čtyřhranu a plochých vzorků a lineární regrese únavové křivky původně používaného materiálu L-ROL.7 je na Obr. 24 a porovnání nelineárních regresí těchto únavových křivek je na Obr. 25.



Obr. 24 Porovnání lineárních regresí výsledných únavových křivek zkoušených těles z kulatiny, čtyřhranu a plochých vzorků z materiálu 30 CHGSA, $R=0$ a materiálu L-ROL.7, $R=0,05$ [5]



Obr. 25 Porovnání nelineárních regresí výsledných únavových křivek zkoušených těles z kulatiny, čtyřhranu a plochých vzorků z materiálu 30 CHGSA, $R=0$ a materiálu L-ROL.7, $R=0,05$ [5]

| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
|--------------|---------|---------------|---------|
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 28 / 32 |



5 ZÁVĚR

Zpráva obsahuje výsledky, únavových zkoušek oceli 30 CHGSA při RT realizovány pro společnost Blaník Aircraft CZ s.r.o. v rámci objednávky č. 715200129. Výsledky únavových zkoušek tvoří únavové křivky ve tvaru závislosti maximálního napětí jako funkce počtu kmitů do poruchy na třech úrovních součinitele nesouměrnosti kmitu.

Zpráva byla doplněna výsledky zkoušek plochých těles s dírou po jejich dodání. Data únavových křivek všech polotovarů byla nejdříve proložena lineárním regresním modelem a také nelineární regresní křivkou a výsledky vzájemně porovnány. Lineární a nelineární regrese výsledných únavových křivek zkoušených těles z materiálu 30 CHGSA pro $R=0$ byly porovnány s regresemi únavové křivky materiálu L-ROL.7 pro $R=0,05$. Únavové křivky všech zkoušených těles z materiálu 30 CHGSA nedosahují parametry únavové křivky materiálu L-ROL.7.

| <i>Číslo zprávy</i> | <i>Revize:</i> | <i>Datum revize:</i> | <i>Strana:</i> |
|---------------------|----------------|----------------------|----------------|
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 29 / 32 |

6 REFERENCE

- [1] Metodika stanovení únavové charakteristiky slitiny 30CHGSA – Růžek R. Zpráva VZLÚ R-6499
- [2] Aerospace series Metallic materials Test methods Constant amplitude fatigue testing-prEN 6072 Edition, January 2008.
- [3] ASTM E468-90(1998) - Standard Practice for Presentation of Constant Amplitude Fatigue Test Results for Metallic Materials ASTM International, 10-Apr-1998.
- [4] MMPDS-07 Metallic Materials Properties Development and Standardization – April 2012.
- [5] KUNCL F., ŠAFEK V., KORZÁR J., PROTIVA K.: Výzkum podmínek pro zavedení výroby vybraných ocelí pro letecký průmysl, závěrečná zpráva Oborového úkolu K 99-104-670, Kladno, květen 1989

| <i>Číslo zprávy</i> | <i>Revize:</i> | <i>Datum revize:</i> | <i>Strana:</i> |
|---------------------|----------------|----------------------|----------------|
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 30 / 32 |

PŘÍLOHA A

– KALIBRACE

Obr. A 1 Kalibrační list siloměru



Výzkumný a zkušební letecký ústav, a.s.
Beranových 130, 199 05 Praha - Letňany
Metrologická laboratoř

Kalibrační laboratoř č. 2303
akreditovaná ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005

Kalibrační list č.: ML - 140/15

Datum vystavení: 2015-05-11

List č. 1

z 5 listů

Ing. Jan Vavřík
vedoucí Metrologické laboratoře, odpovídá za obsah kalibračního listu



Zadavatel: PK

Číslo objednávky: -

Datum přijetí: -

Kalibrovaný siloměrný řetězec složený z následujících prvků:

Kalibrovaný siloměr: Typ: K
Výrobce: GTM
Výrobní číslo: **56536**
Jmen.síla (F_N): **100 [kN]**
Smysl zatížení: **TAH**

Měřidlo výstupního signálu siloměru: elektronika stroje "INOVA ZUZ 100" inv.č. 346074
typ: CU31M08, vyr. číslo: 20 11 145

Měřidlo výstupního signálu etalonu: Měřicí ústředna Schlumberger ORION - typ 3531D
Výrobní číslo: 100271, označení B0
Měřicí schopnost kalibrace W_{cmcORi} : 0,07 %
Kalibrační list č.: 1031-KL-40033-14

Použitý etalon síly: Typ: TOP-Z4A/100 kN označení ML : PE 100-3
Výrobce: HBM, Darmstadt, SRN
Výrobní číslo: 111830020
Jmen.síla (F_N): 100 [kN]
Kalibrační měřicí schopnost stanovení síly $F W_{cmcF}$: 0,100 %
Kalibrační list č.: 8011-KL-F0064-14

Kalibrační postup: KP - ML EP - 01

Podmínky měření: teplota vzduchu při kalibraci: $23,0 \pm 0,3$ °C

Měření provedl: Vavřík datum kalibrace: 2015-05-07

Kalibrační list může být rozšiřován pouze v celkovém počtu stran beze změn. Změny a doplňky mohou být provedeny pouze laboratoří, která dokument vystavila.

tel.: VZLÚ ML: 225 115 103 (310)

fax: 283 920 018
e-mail: kriegelova@vzlu.cz

| Číslo zprávy | Revize: | Datum revize: | Strana: |
|--------------|---------|---------------|---------|
| R-6640 | PV | 14.1.2017 | 31 / 32 |

**DOKUMENTAČNÍ LIST ZPRÁVY**

| | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 1. Číslo zprávy R-6640 | 2. Datum vydání 01/17 | 3. Číslo zakázky N28615 | 4. Počet stran 32 | 5. Kód zveřejnění OBT |
|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|

| |
|--|
| 6. Název ÚNAVOVÉ VLASTNOSTI OCELI 30 CHGSA |
|--|

| |
|--|
| 7. Autorský útvar (zkratka - číslo - název) PK - 3200 - Pevnost konstrukcí |
|--|

| | | |
|---|--|--|
| 8. Autor/ři (jméno, podpis) Ing. Václav KAFKA, CSc. | Ing. Martin KADLEC, Ph.D. Ivan MLCH | 8a. Vedoucí skupiny MTN (jméno, podpis) Dr. Ing. Roman RŮŽEK |
|---|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| 9. Odpovědný pracovník (jméno, podpis) Ing. Václav KAFKA, CSc. | 10. Vedoucí útvaru (jméno, podpis) Ing. Josef JIRONČ | 11. Technický ředitel (jméno, podpis) Ing. Viktor KUČERA |
|--|--|--|

| |
|---|
| 12. Abstrakt <p>Zpráva uvádí výsledky únavových zkoušek oceli 30 CHGSA při RT. Zkoušky byly realizovány pro společnost Blaník Aircraft CZ s.r.o. jako objednávka č. 715200129. Výsledky jsou presentovány v souladu s normami pro únavové zkoušky. Jsou uvedeny křivky i rovnice lineární i nelineární regrese výsledných únavových zkoušek těles z kulatého i čtyřhranného polotovaru oceli 30 CHGSA.</p> |
|---|

| |
|--|
| 13. Klíčová slova Únavové křivky, ocel, lineární a nelineární regrese, rezidua měření |
|--|