



INSTITUT
PRO TESTOVÁNÍ
A CERTIFIKACI

Nové zkoušky potrubních systémů z PE na odolnost pomalému šíření trhliny (SČZL 2017)



TRADICE



PROFESIONALITA



ZKUŠENOST



ODBORNOST

- materiály PE pro potrubní systémy
- pomalé šíření trhliny
- zkoušky podle aktuálních EN a ISO norem
- PAS 1075
- FNCT zkouška – ISO 16770
- zkouška stanovení „Strain hardening modulus“ podle ČSN ISO 18488
- zkouška „Cracked Round Bar“ (CRB test) podle ČSN ISO 18489
- kruhové testy pořádané v ITC



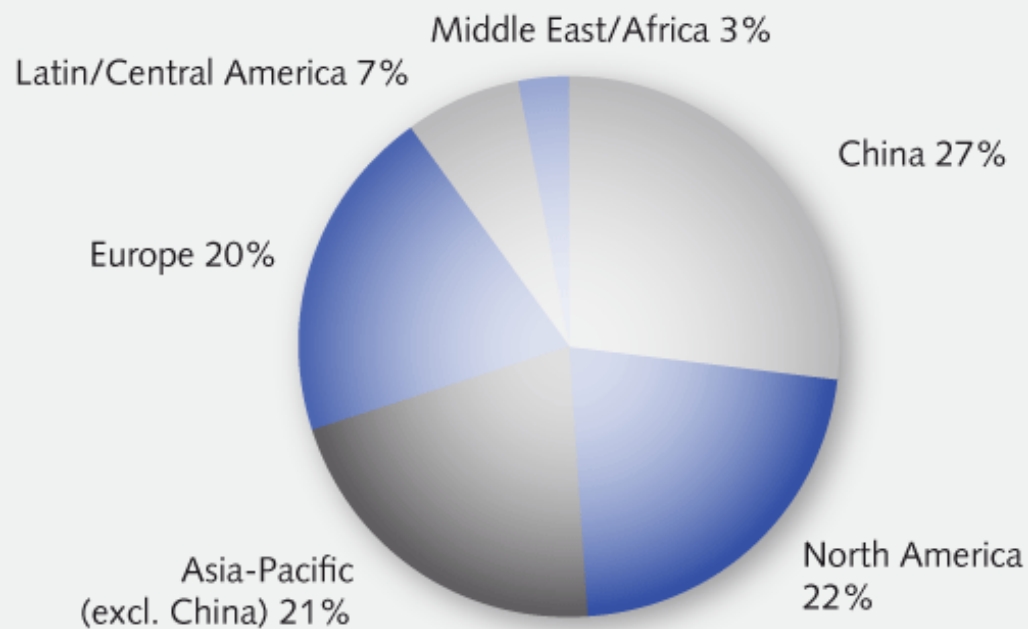
PROČ POLYETHYLEN?



- dominantní v oblastech tlakových rozvodů plynu a vody, některé průmyslové aplikace již $\approx$ 50 let
- řada EN a ISO norem (EN 1555, ISO 4437, EN 15014, EN 11299, ...)
- klasické výkopové technologie pokládky, ale také tzv. relining, bezvýkopové metody pokládky (průtlak) apod.
- spojování svařováním (elektrospojky, na tupo, u malých DN rovněž mechanické spojky)
- odolnost korozi, elektrokorozí (města s tramvajovou dopravou, instalace v blízkosti železničních tratí)
- výborná chemická odolnost, vhodnost pro pitnou vodu
- uváděná spotřeba 24,4 mil tun/rok (2011)



HDPE: Global Demand 2011, by region (total: 24.4m t/y)

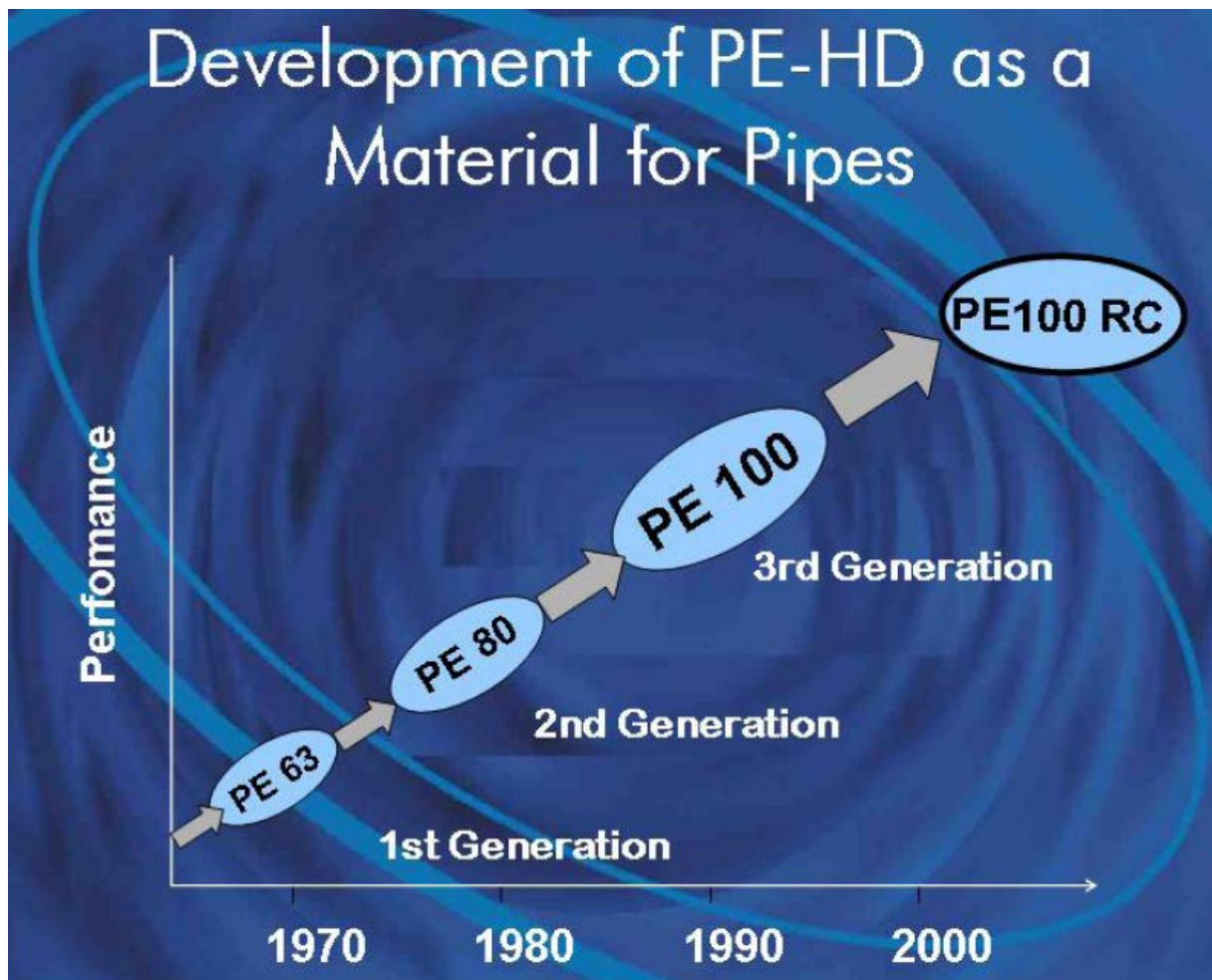


© 2012 Plastics Information Europe

Source: GlobalData







PE100 bimodální rozložení

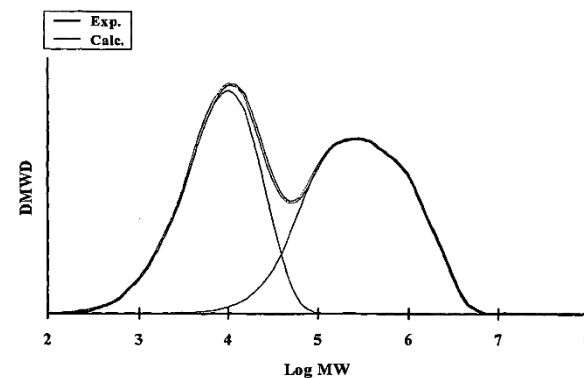
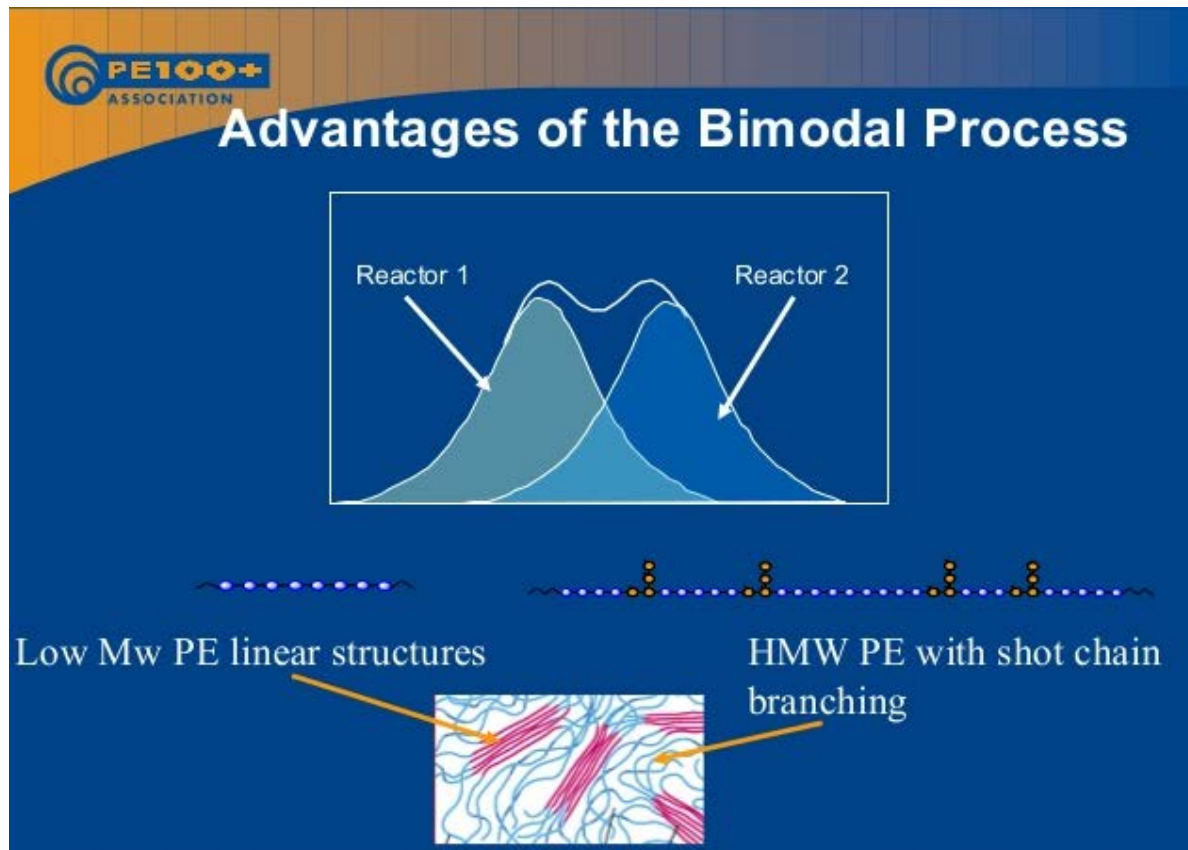


FIG. 1



Co je pomalé šíření trhliny?



✓ SCG – Slow Crack Growth

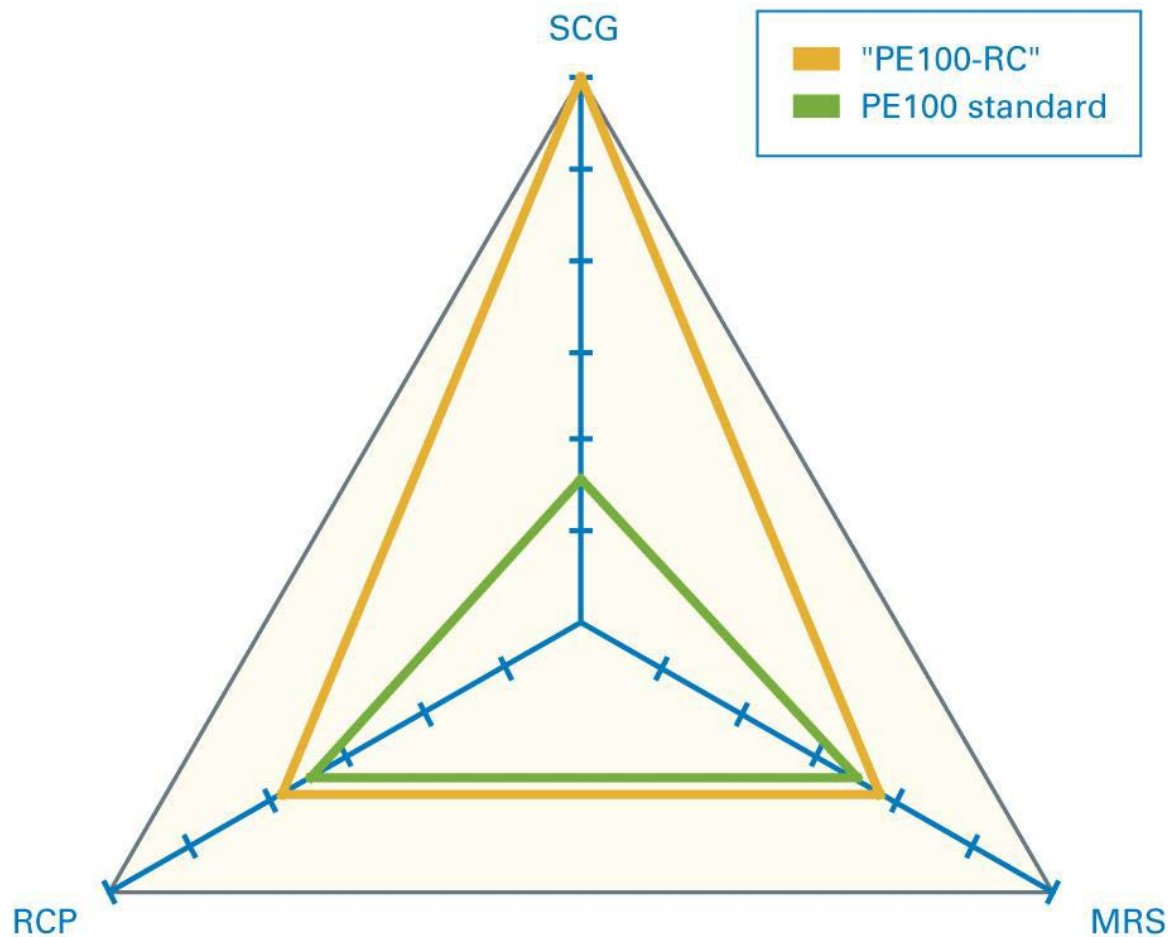
- projev lokálního zatížení v kombinaci s vnitřním přetlakem
- vrypy, sváry
- vznik trhlin - porušení, které může vést k defektu trubky
- základní testy pro posouzení – dlouhodobé



POROVNÁNÍ PE100 A PE100-RC



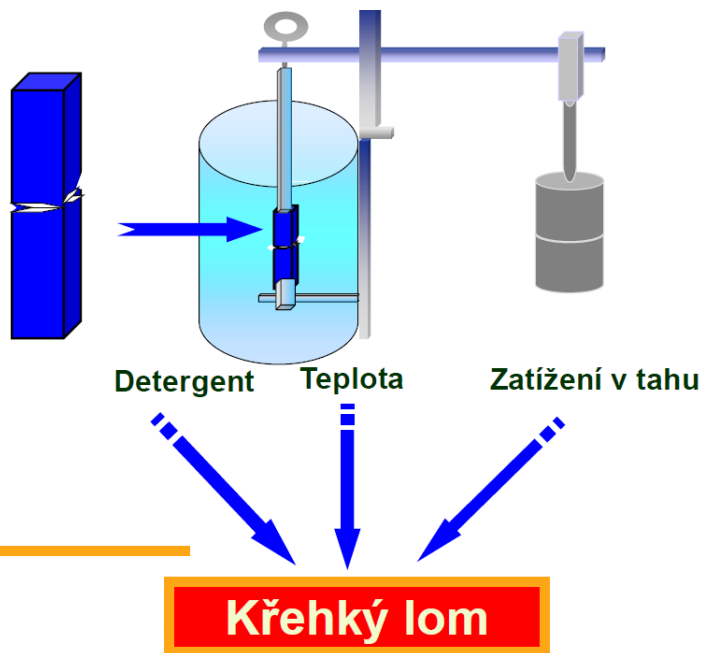
Properties of "PE100-RC" materials in comparison with standard PE100



- molekulová struktura
- distribuce molekulové hmotnosti
- typ a množství krátkých (bočních) řetězců
- distribuce krátkých řetězců (umístění do oblasti dlouhých řetězců CH₂-CH₂)



ZÁKLADNÍ POSOUZENÍ - FNCT TEST



- zkušební teplota 80°C
- zůstává rozhodujícím test při posuzování odolnosti SCG
- pro moderní materiály doby porušení často > 8760 h (1 rok)



- vznik v Německu
- první pevné stanovení zkoušek
- neodstraňuje problém dlouhých časů
- problematická opakovatelnost
- nemožnost zkoušení jednotlivých šarží



Table 1a – Special 'additive' approval tests on material PE-100-RC to evidence the stress cracking resistance and the resistance to thermal aging

No.	Test	Requirements	Comments
1	Stress cracking test of the raw material*)	> 8,760 hours at 80°C, 4 N/mm ² , 2 % Arkopal N- 100	FNCT test on 6 separate specimens (orientation-free processing procedure)
2	Point loading test on full walled piping	8,760 hours at 80°C, 4 N/mm ² , 2 % Arkopal N- 100	3 separate specimens e.g. at 80 °C and/or separate specimens apportioned according to a mathematical model (e.g. Arrhenius)
3	Thermal ageing test	> 100 years at 20°C	Testing at elevated temperatures and proof of a minimum activation energy
4	Notch Test on full walled piping (DIN EN ISO 13479)	> 8,760 hours	Selection possible of defined piping constructions

*) The results of the point loading tests are decisive if contrary results in the FNCT and the point loading tests are obtained.



Table 2 – Special additional tests for the quality control of PE-100-RC materials to verify the stress cracking resistance

No.:	Test	Requirements	Frequency	
			Internal quality control	External quality control
1	FNCT Test	> 8,760 hours at 80°C, 4 N/mm ² , 2 % Arkopal N-100 (raw material) or in a corresponding test procedure ² , e.g. 320 hours under ACT procedures (raw materials)	Each batch	–
2	Point loading test	8 760 h at 80 °C, 4 N/mm ² , 2 % Arkopal N-100		Every 3 years if no irregularity is observed
3	Notch Test (DIN EN ISO 13479)	8 760 h		Staggered 1...3 years, if no irregularity is observed



POINT LOADING TEST



- Iniciace defektu



POINT LOADING TEST



Parametry: 8760 h, Arkopal N-100, 2% roztok, stress 4,0 N/mm², zkušební roztok vně i uvnitř vzorku, vně i uvnitř zajištěna cirkulace



PENETRATION TEST



pouze na trubkách DN 110/SDR 11, délka testu 9000 hodin



PENETRATION TEST



pouze na trubkách DN 110/SDR 11, délka testu 9000 hodin



Strain hardening test

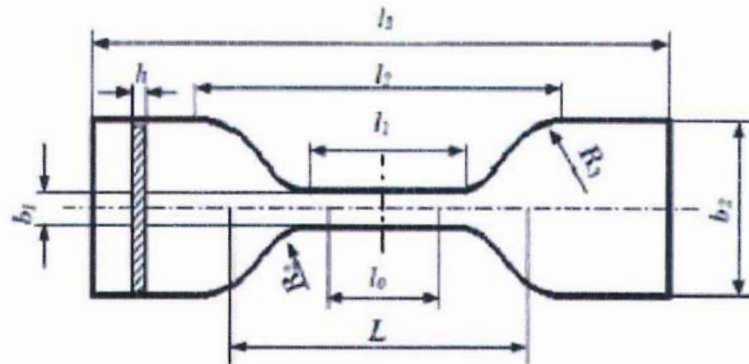


✓ ČSN ISO 18488

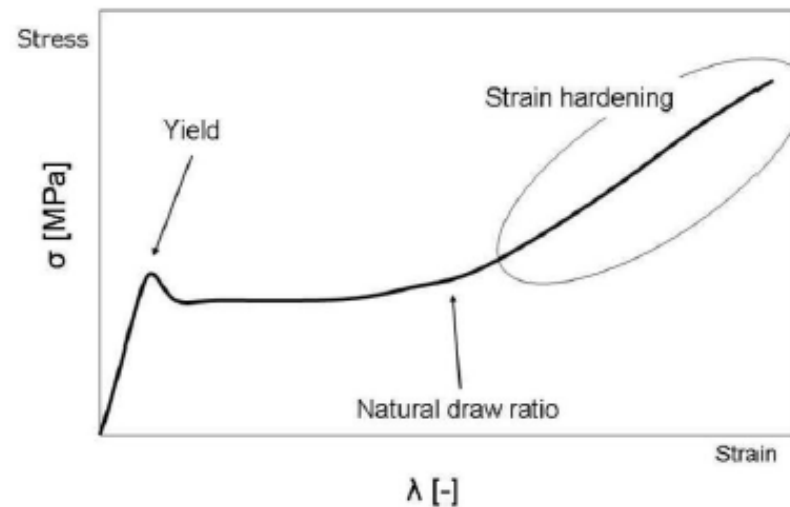
- stanovení modulu deformačního zpevnění – míra odolnosti PE proti pomalému růstu trhliny
- metoda vhodná pro všechny typy PE
- zkušební těleso – lopatka – lisování z granulátu
- zkouška tahem při 80°C
- Neo-Hookovský konstitutivní model



Strain hardening test



Obrázek 1 – Zkušební těleso



CRB test (Cracked Round Bar)

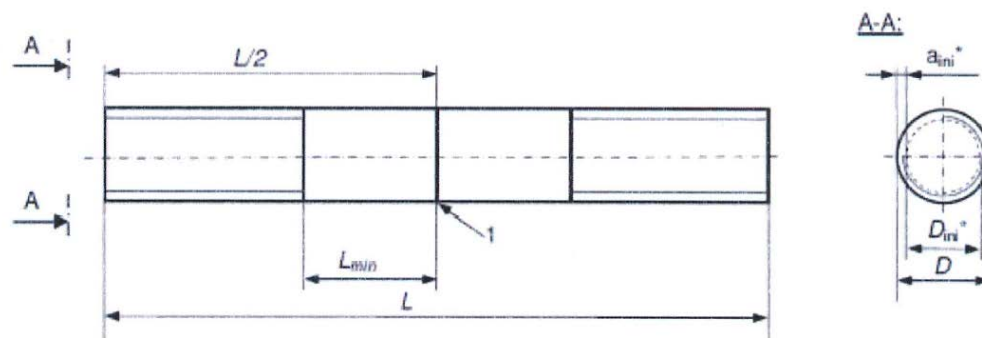


✓ ČSN ISO 18489

- stanovení odolnosti proti pomalému růstu trhliny při cyklickém zatěžování
- metoda určena pro různé typy PE, především ale pro PE80 a PE100 pro trubkové aplikace
- zkušební těleso – válec s vrubem – obrábění nebo lisování
- příprava z trubky nebo granulátu
- cyklická tahová zkouška, počítání cyklů do porušení vzorku při teplotě $(23 \pm 2^\circ\text{C})$
- dynamická zátěž o frekvenci 1 – 10 Hz
- napětí v rozmezí 10,5 – 13,5 MPa



CRB test (Cracked Round Bar)



- L délka zkušebního tělesa
- L_{min} minimální vzdálenost mezi vrubem a upínacím systémem
- a_{ini}^* požadovaná počáteční délka trhlin
- D_{ini}^* požadovaný počáteční průměr ligamentu
- D průměr zkušebního tělesa
- 1 ostrý žiletkový vrub



- dynamický tahový stroj Instron 1253
- napojení na centrální chlazení
- napojení na centrální rozvod hydrauliky
- klimatizovaná laboratoř
- další tahové stroje Instron





- Od dubna 2017 v ITC akreditovaná zkouška
- ISO a CEN se snaží najít limity
 - Dosud není v předmětové normě určen
 - Byl proveden CRB kruhový test v rámci ISO – 8 laboratoří, 5 materiálů
 - Vyhodnocování na hladině napětí 12,5 MPa
- Kruhový test ITC – společné vyhodnocení
 - Snaha navrhnout limity pro ČR – dočasně



Výsledky ISO – kruhový test CRB



Cyclic Cracked Round Bar Test: Final Results of International Round Robin Test

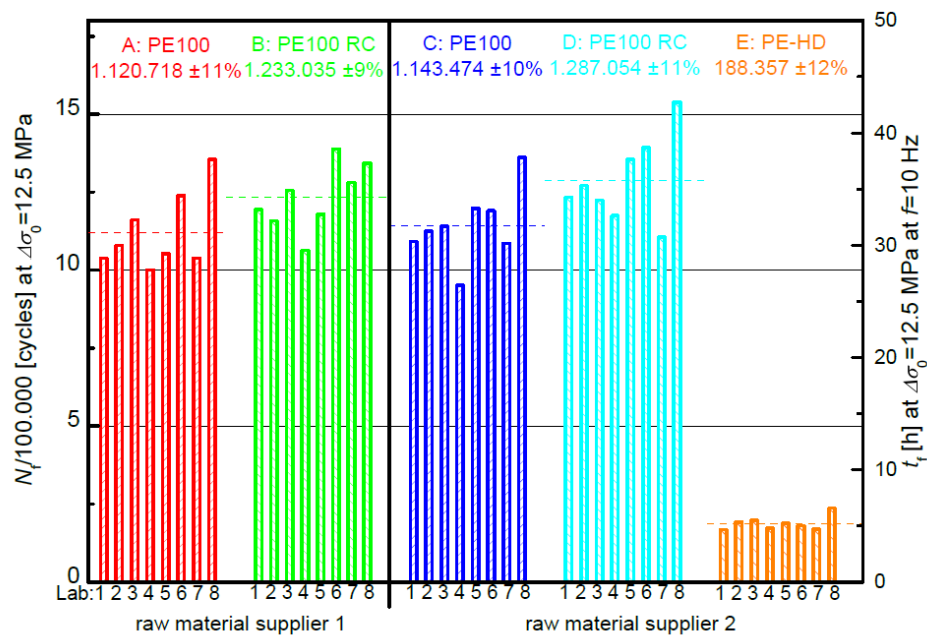


Fig. 9: Results of the International RR: Single point values at $\Delta\sigma_0=12.5$ MPa for each laboratory.

FRANK, Andreas a PINTER Gerald, 2014

Cyclic Cracked Round Bar Test: Final Results of International Round Robin Test



Výsledky KIWA – Kruhový test SH

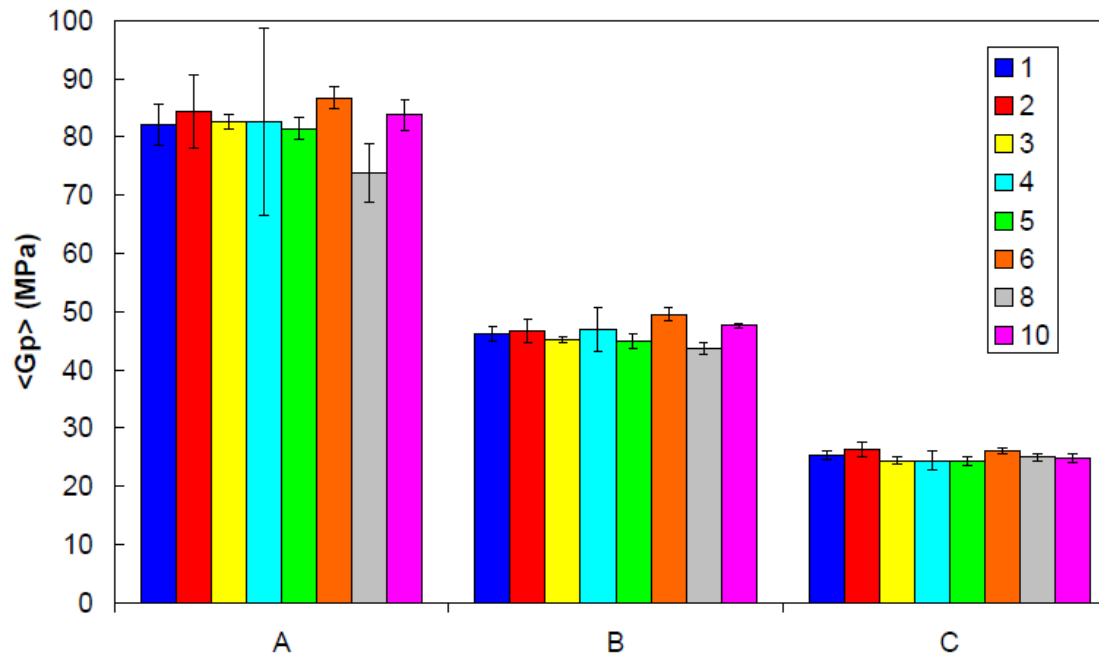


Figure 8. Results of the Round Robin test performed by eight laboratories on three PE materials.

Ernst VAN DER STOK and Frans SCHOLTEN

STRAIN HARDENING TESTS ON PE PIPE MATERIALS

Plastic Pipes XVI Conference – Barcelona, Spain, September 24-26, 2012



CRB kruhový test ITC - účastníci



- Schůzka 1. 12. 2016 – projednání problematiky obou testů
- Účastníci kruhového testu
 - ITC
 - IPM (Ústavu fyziky materiálů Akademie věd České republiky)
 - University of Leoben / Polymer Competence Center Leoben *
 - Pipelife
 - PIB (Unipetrol RPA, s.r.o. - Polymer Institute Brno)

* Nezúčastnili se předběžné schůzky



Zkušební tělesa CRB kruhový test



- dodání vzorků – Pipelife
- příprava vzorků na výrobu – ITC
- vylisování a vyfrézování vzorků – PIB
- zkoušení v ITC, IPM a UL



Seznam vzorků CRB



- PE 100 RC – Eltex TUB 121 N6000
- PE 100 RC – Borsafe HE 3490
- PE 100 – Sabic Vestolen A
- PE 100 – Eltex TUB 121 N3000
- PE 80 - Liten VL 10



Kruhový test CRB



- každá laboratoř má k dispozici 10 ks zk. těles
- frekvence 10 Hz
- 2 vzorky pro každou hladinu napětí (2 navíc)
 - 12,0 MPa
 - 12,5 Mpa
 - 13,0 MPa
 - 13,5 MPa
- začátek testu CRB – 24. 3. 2017
- konec testu CRB – červen 2017



Předběžné výsledky CRB



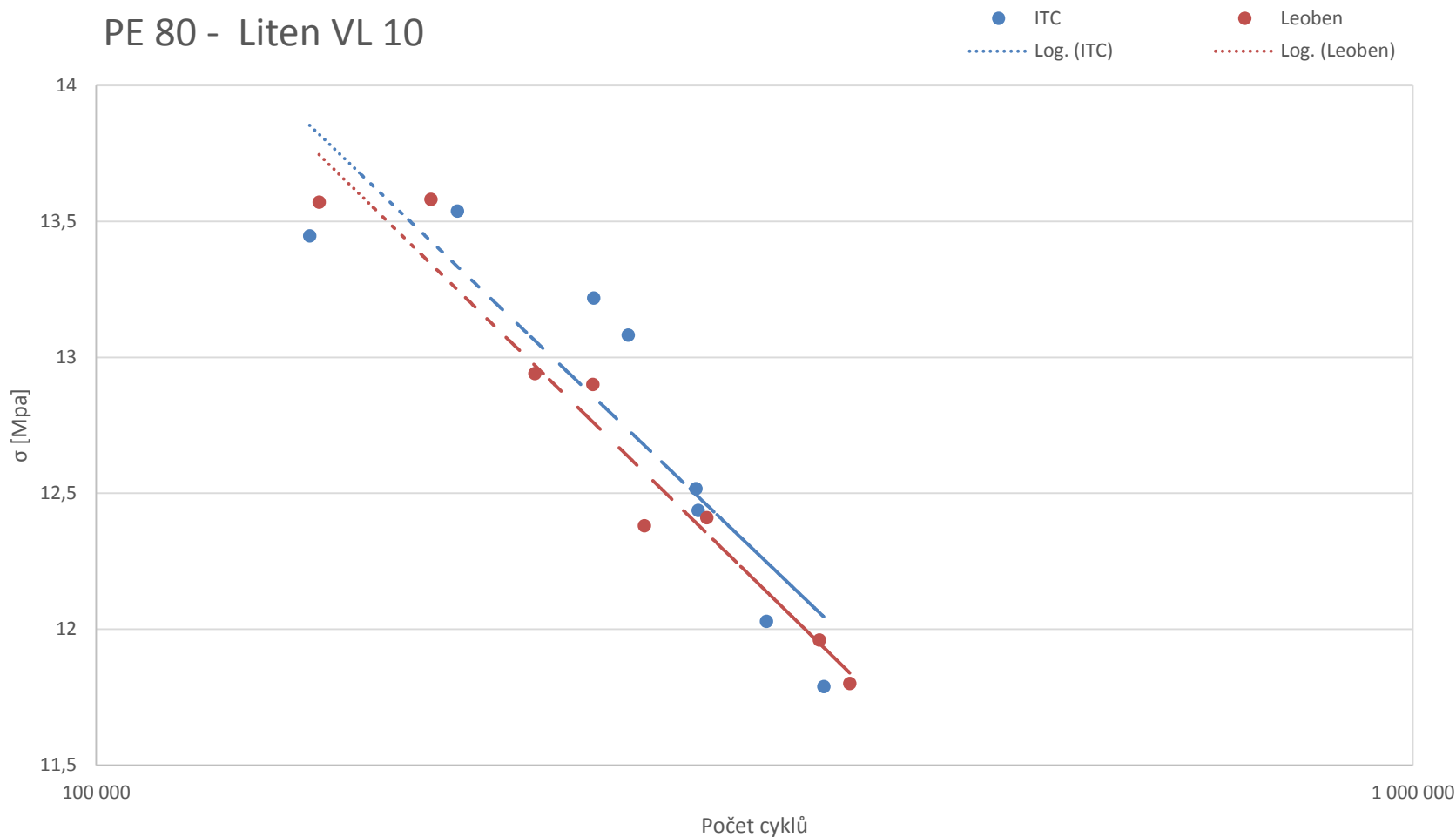
Sample No.	D (1)	D (2)	ØD	$\Delta\sigma_0$	$F_{\max}$	$F_{\min}$	ΔF	$a_{\text{ini}} (1)$	$a_{\text{ini}} (2)$	ϕa_{ini}	D_{ini}^*	$\Delta\sigma_0^*$	N_f
	[mm]	[mm]	[mm]	[Mpa]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[Mpa]	
1	14.10	14.00	14.05	13.5	1438	144	1295	1.54	1.47	1.51	11.04	13.5	188 044
2	13.99	14.01	14.00	13.5	1425	143	1283	1.49	1.49	1.49	11.02	13.4	145 237
3	14.02	14.02	14.02	13.0	1378	138	1240	1.54	1.49	1.52	10.99	13.1	253 591
4	13.99	14.01	14.00	13.0	1373	137	1235	1.53	1.56	1.55	10.91	13.2	238 740
5	14.01	14.03	14.02	12.5	1325	132	1192	1.51	1.47	1.49	11.05	12.4	286 579
6	13.99	14.02	14.01	12.5	1321	132	1189	1.47	1.53	1.50	11.00	12.5	285 380
7	13.98	13.97	13.98	12.0	1261	126	1135	1.50	1.41	1.45	11.07	11.8	356 900
8	13.98	13.99	13.99	12.0	1264	126	1137	1.56	1.45	1.51	10.97	12.0	322 941



Předběžné výsledky CRB



PE 80 - Liten VL 10



Vzorky po zkoušce (CRB)



LITEN VL10 sigma 12 – křehký lom



LITEN VL10 sigma 17 – tažný/přechodový lom



- ✓ PE – vysoce užívaný materiál
- ✓ problematika posouzení odolnosti SCG
- ✓ snaha o náhradu dlouhodobých testů
- ✓ CRB a Strain hardening test
- ✓ kruhové testy
- ✓ stanovení limitů pro rozlišení materiálů
- ✓ implementace do zkušebnictví v ČR



Děkuji za pozornost

