

# SEKCJA METOD EKSPERYMENTALNYCH MECHANIKI KOMITETU MECHANIKI PAN

Polska  
Akademia  
Nauk  
KOMITET  
MECHANIKI

Académie  
Polonaise  
des Sciences  
COMITÉ  
de MÉCANIQUE

Skład Sekcji Metod Eksperymentalnych Mechaniki 2007 - 2010								
Lp	Instytucje	Liczba osób ogółem	w tym		w tym		w tym	
			Profesorowie i docenci	Doktorzy	Panie	Panowie	Powołani w tej kadencji	Działający również w poprzedniej kadencji
1	Politechnika Warszawska	10	8	2	3	7	2	8
2	Instytut Podstawowych Problemów Techniki	8	6	2	1	7	4	4
3	Politechnika Wroclawska	5	4	1		5	3	2
4	Politechnika Krakowska	5	4	1		5	2	3
5	Wojskowa Akademia Techniczna	4	3	1	1	3	2	2
6	Politechnika Śląska	2	2			2	2	
7	Politechnika Łódzka	2	2		1	1	1	1
8	Politechnika Białostocka	1	1			1	1	
9	Politechnika Świętokrzyska	3	2	1	1	2	1	2
10	Politechnika Rzeszowska	3	2	1		3	2	1
11	Uniwersytet Technologiczno - Przyrodniczy w Bydgoszczy	2	1	1		2		2
12	Instytut Lotnictwa	2		2		2	2	
13	Instytut Energii Atomowej	1	1			1	1	
14	Instytut Transportu Samochodowego	1		1		1	1	
15	Instytut Mechaniki Precyzyjnej	1	1			1	1	
16	Centrum Naukowo – Techniczne Kolejnictwa	1		1	1		1	
17	Przemysłowy Instytut Maszyn Budowlanych	1	1			1	1	
18	Pojazdy Szynowe PESA Bydgoszcz	1		1		1	1	
19	Pratt&Whitney Kalisz	1		1		1	1	
	Ogółem	54	38	16	8	46	29	25

# Cele i formy działania

## Integracja środowiska

### Spotkania plenarne organizowane w różnych ośrodkach:

Listopad 2009 w Centrum Naukowo – Technicznym Kolejnictwa w Warszawie

Dwudniowe spotkanie w maju 2009 – Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy i w Zakładach Pojazdów Szynowych PESA w Bydgoszczy

### Cykliczne konferencje naukowe:

XXIV SYMPOZJUM MECHANIKI EKSPERYMENTALNEJ CIAŁA STAŁEGO – 22 września 2010, Wrocław

27th DANUBIA – ADRIA Symposium on Advances in Experimental Mechanics, Sep. 22 – 25, 2010, Wrocław

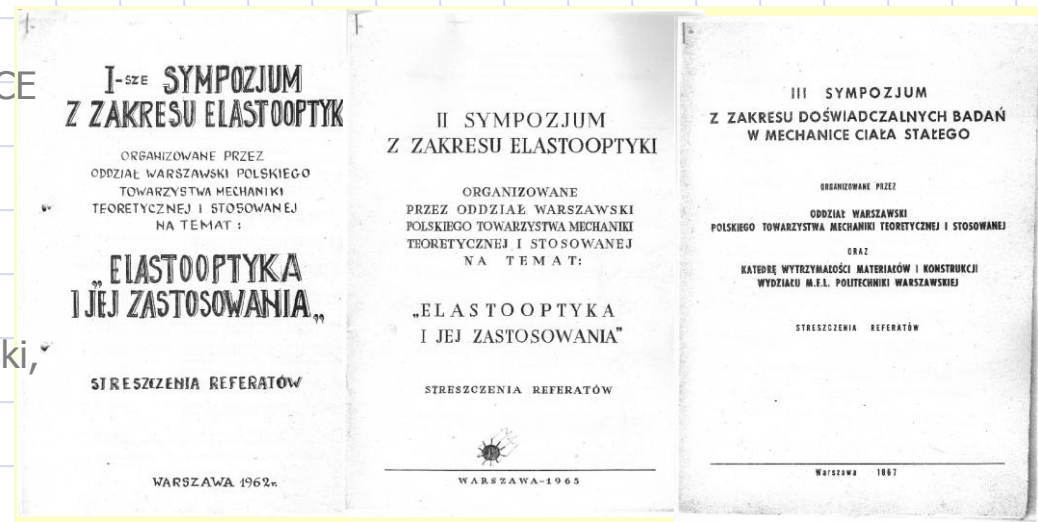
### DOŚWIADCZALNE BADANIA W MECHANICE CIAŁA STAŁEGO:

I Sympozjum – 1962, 77 uczestników, II

Sympozjum – 1965, 144 uczestników

Komitet Organizacyjny: Zb.Brzoska - Przewodniczący,

R.Doroszkiwicz, P.Jastrzębski, J.Kapkowski, Zb.Orłoś, J.Stupnicki, W.Szczepiński.



# Europa Świat



DANUBIA – ADRIA – 27 lat (1983 – 2010)  
Austrian Society of Experimental Strain Analysis  
Croatian Society of Mechanics  
Czech Society of Mechanics  
Hungarian Scientific Society of Mechanical Engineering  
Italian Association for Stress Analysis  
Romanian Association for Experimental Stress Analysis  
Serbian Society of Mechanics  
Slovak Society of Mechanics  
Committee of Mechanics

Polish Chapter of SEM - the Society for Experimental Mechanics - 1992

The EURASEM Permanent Committee (R. Będziński, L. Dietrich)



# ROZWÓJ METOD EKSPERYMENTALNYCH

1933 – mikroskop elektronowy, (E. Ruska 10X – SEM, B. von Borries – 1940 TEM, Oatley CW. 1948-1965)

1938 – tensometr elektrooporowy (Simonds, Ruge)

1953 – serwohydrauliczna maszyna wytrzymałościowa,

1972 – komputerowy system akwizycji danych doświadczalnych.

1808 Richard Trevithick

Opis i modelowanie deformacji metali i .....

Badania w złożonym stanie naprężenia

Mechanika uszkodzeń

Problemy zastosowań inżynierskich



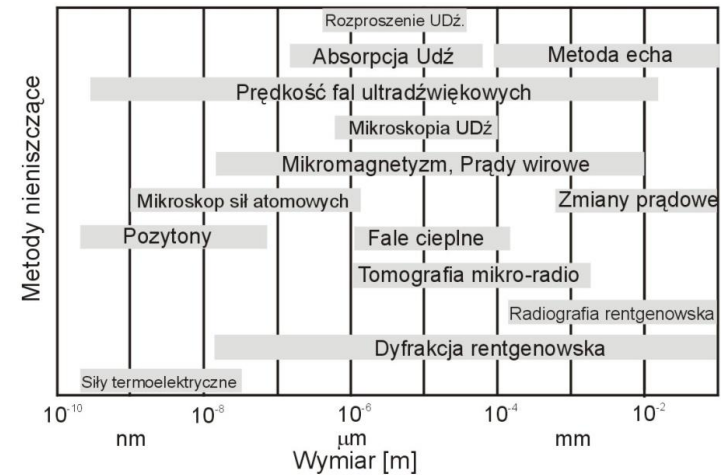
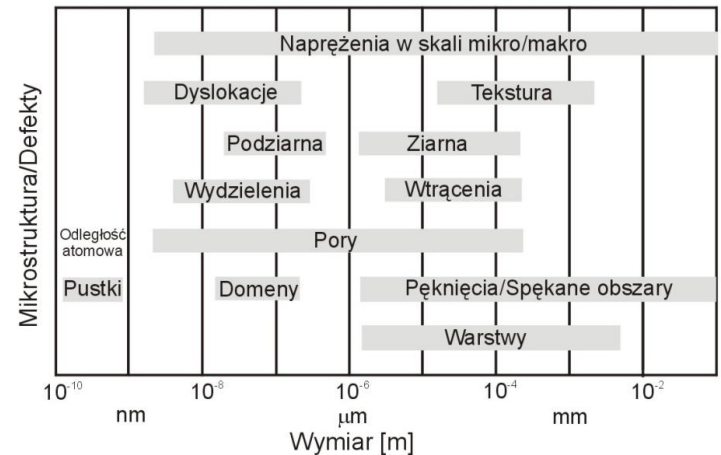
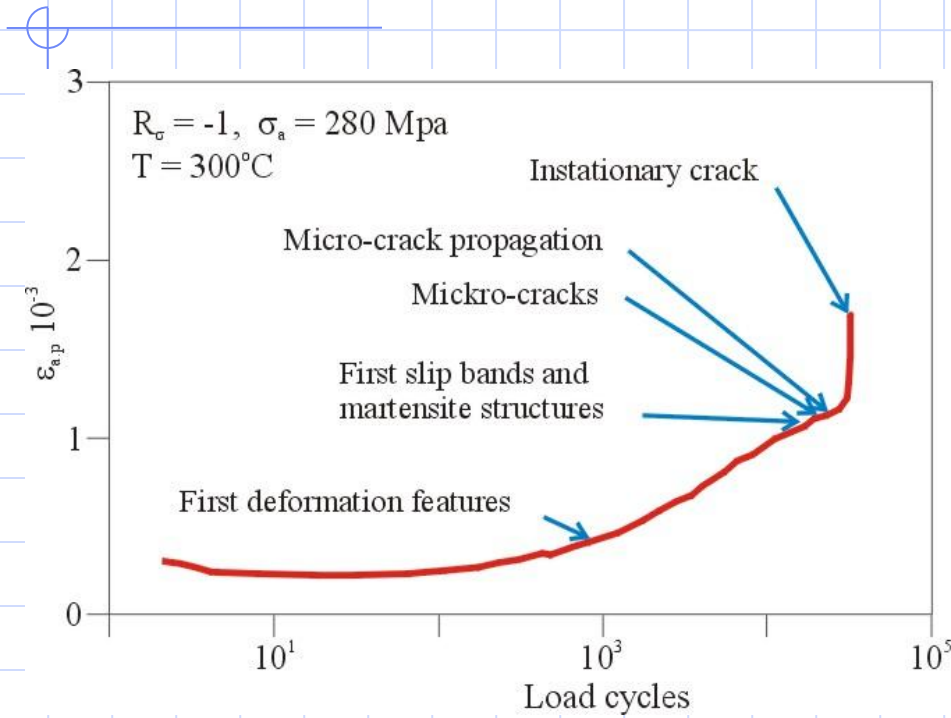
Ruska E: Die elektronenmikroskopische Abbildung elektronenbestrahlter Oberflächen. Z Phys 83, 492-497 (1933)  
von Borries B: Sublichtmikroskopische Auflösungen bei der Abbildung von Oberflächen um Übermikroskop. Z Phys 116, 370-378 (1940)

Oatley CW: The early history of the scanning electron microscope. J Appl Phys 53, R1-R13 (1982)

Kobayashi A.S., Handbook on Experimental Mechanics, 1987

Mumford P.M., Application of microcomputers to mechanical testing of materials, Metal Progress, 118, 1980

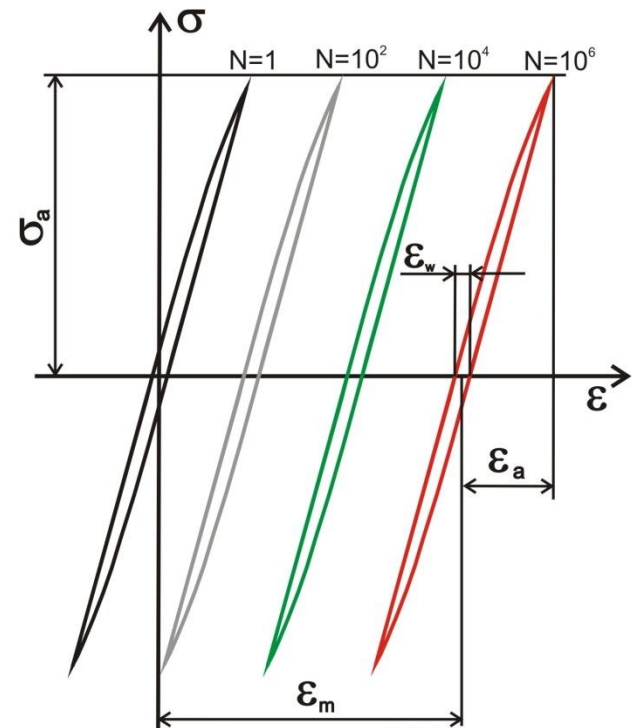
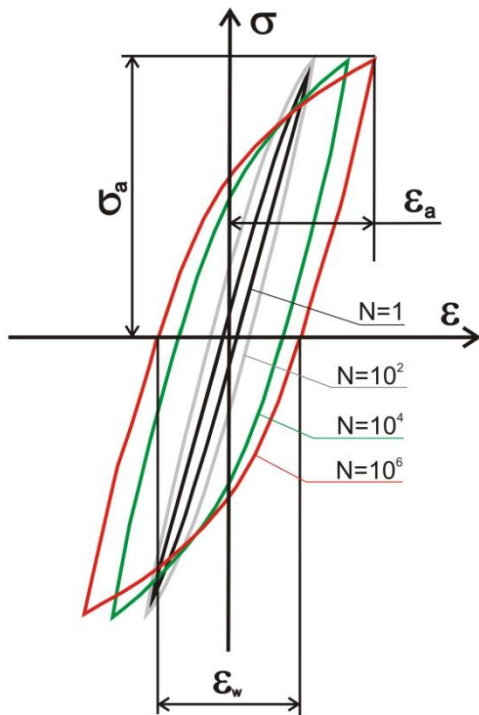
# Mechanika uszkodzeń – skala zjawisk



Holler P., Dobmann G., NDT-Techniques for monitoring material degradation, Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 142, 1989, 105-118.  
 Dobmann G., Lang M., On-line monitoring of fatigue in the LCF and HCF range by using mikro-magnetic NDT at plain carbon and austenitic stainless steel

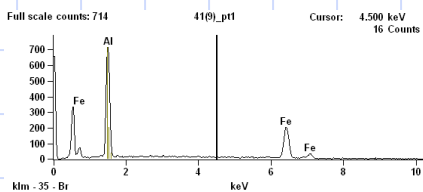
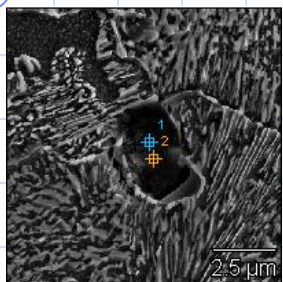
# Formy rozwoju uszkodzeń

Racheting – przyrostowe narastanie  
Cykliczna plastyczność

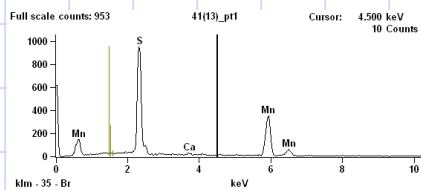
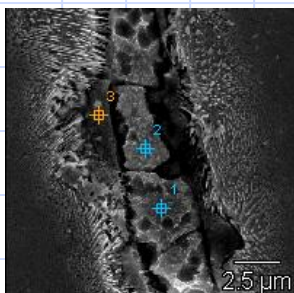


# Mechanizmy i akumulacja uszkodzeń

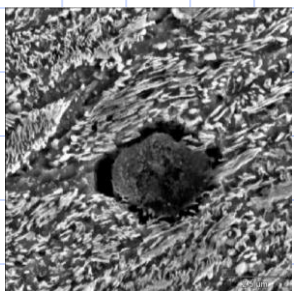
II typ - ratcheting,  
brak zakresu liniowej akumulacji



X3000, wtrącenia  $Al_2O_3$



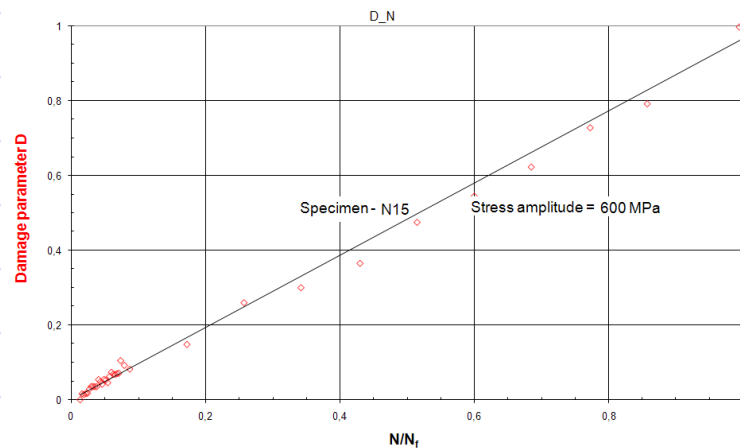
x3500  
siarczek manganu MnS



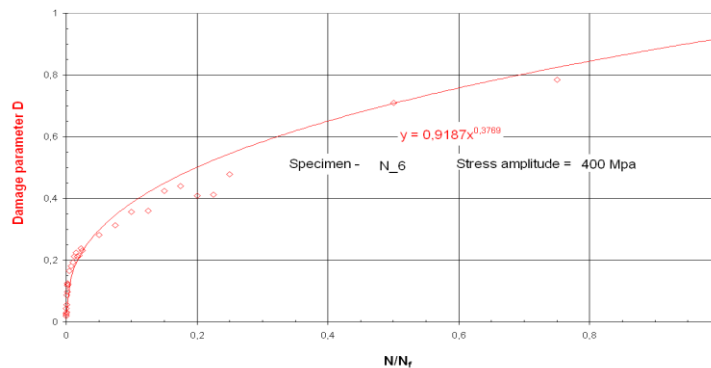
Politechnika Śląska  
Hitachi S-4200 + EDS  
(mikroanaliza rentgenowska)

x5000, odspojenie na granicy  
wtrącenia  $Al_2O_3$

Politechnika Śląska



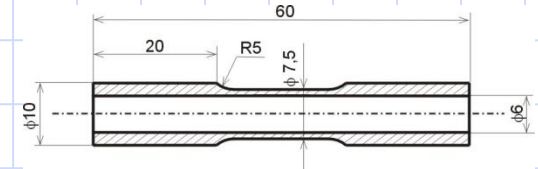
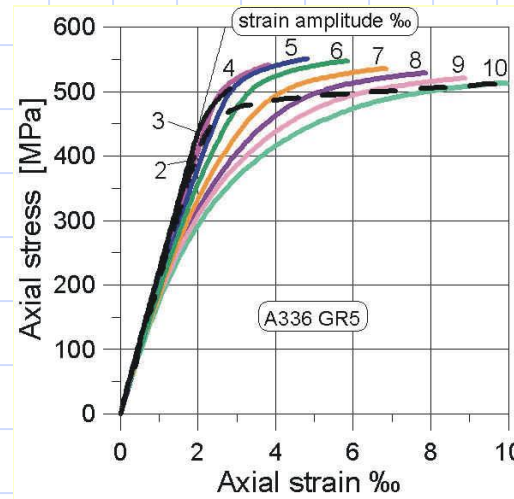
P91 liniowa akumulacja, cykliczna plastyczność



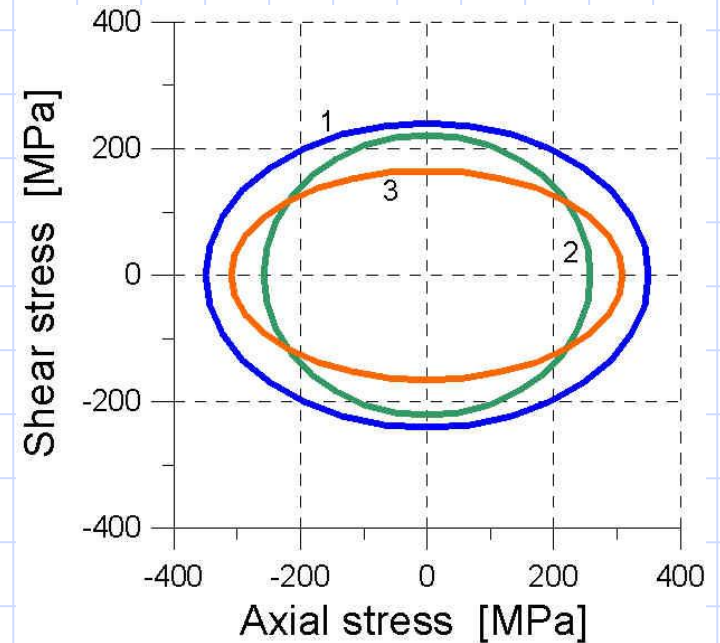
P54T nieliniowa akumulacja, ratcheting

# Doskonalenie metod mechanicznych

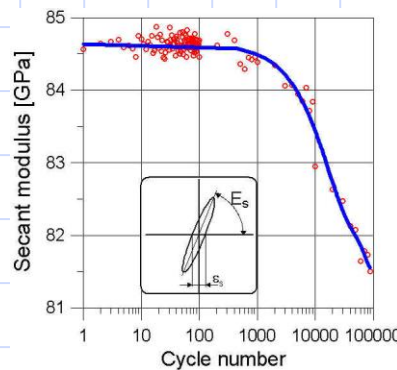
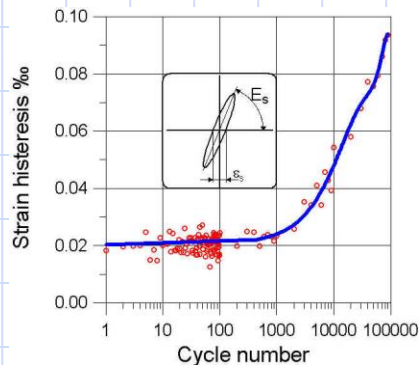
- ◆ Jednoosiowe
- ◆ Złożone stany naprężenia



Degradacja



Miary uszkodzeń





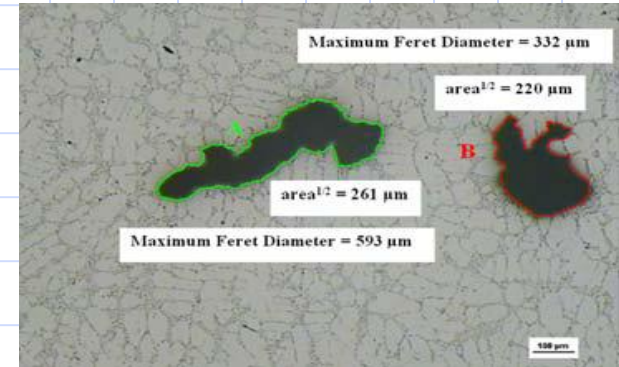
# Nowe narzędzia badawcze

Rentgenowska tomografia komputerowa

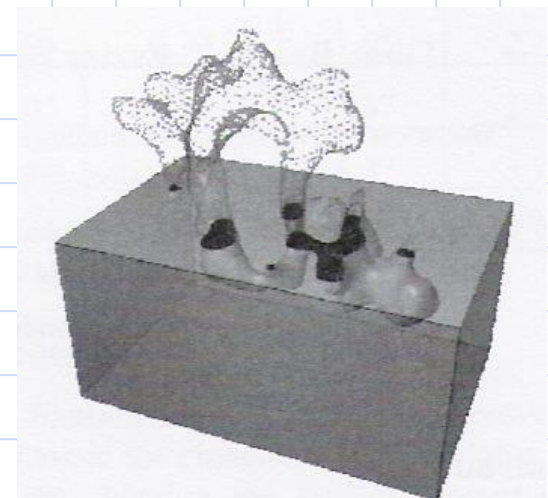


Wizualizacja porów odlewniczych  
w stopie AlSi7Mg

Nie gęstość defektów  
Istotny jest kształt i rozmiar



Miary defektów w przekroju



G. Anzelotti, S. Fintová, R. Konečná, G. Nicoletto, CASTING PORE CHARACTERIZATION BY X-RAY COMPUTED TOMOGRAPHY AND METALLOGRAPHY, 26th Danubia-Adria Symposium on Advances in Experimental Mechanics, Sep. 23rd – 26th, 2009, Montanuniversität Leoben / Austria

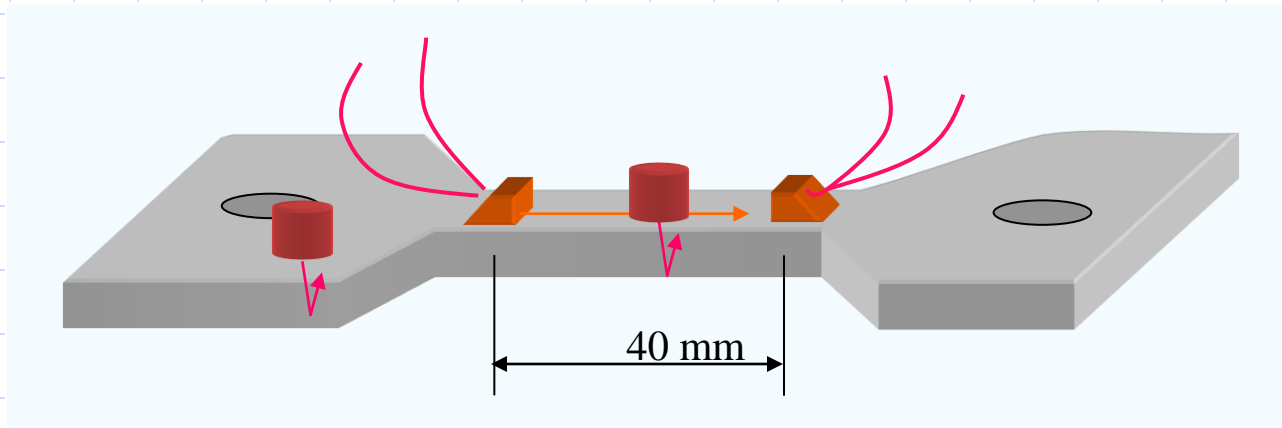
# Doskonalenie metod ultradźwiękowych

## A. Badania współczynników elastoakustycznych $\beta$ podczas próby rozciągania

$$\beta = \beta (\lambda, \mu, l, m, n)$$

Mierzone: TOF(napężenie) => obliczenie  $\beta = (\Delta V/V) / \sigma$

(nieliniowe)



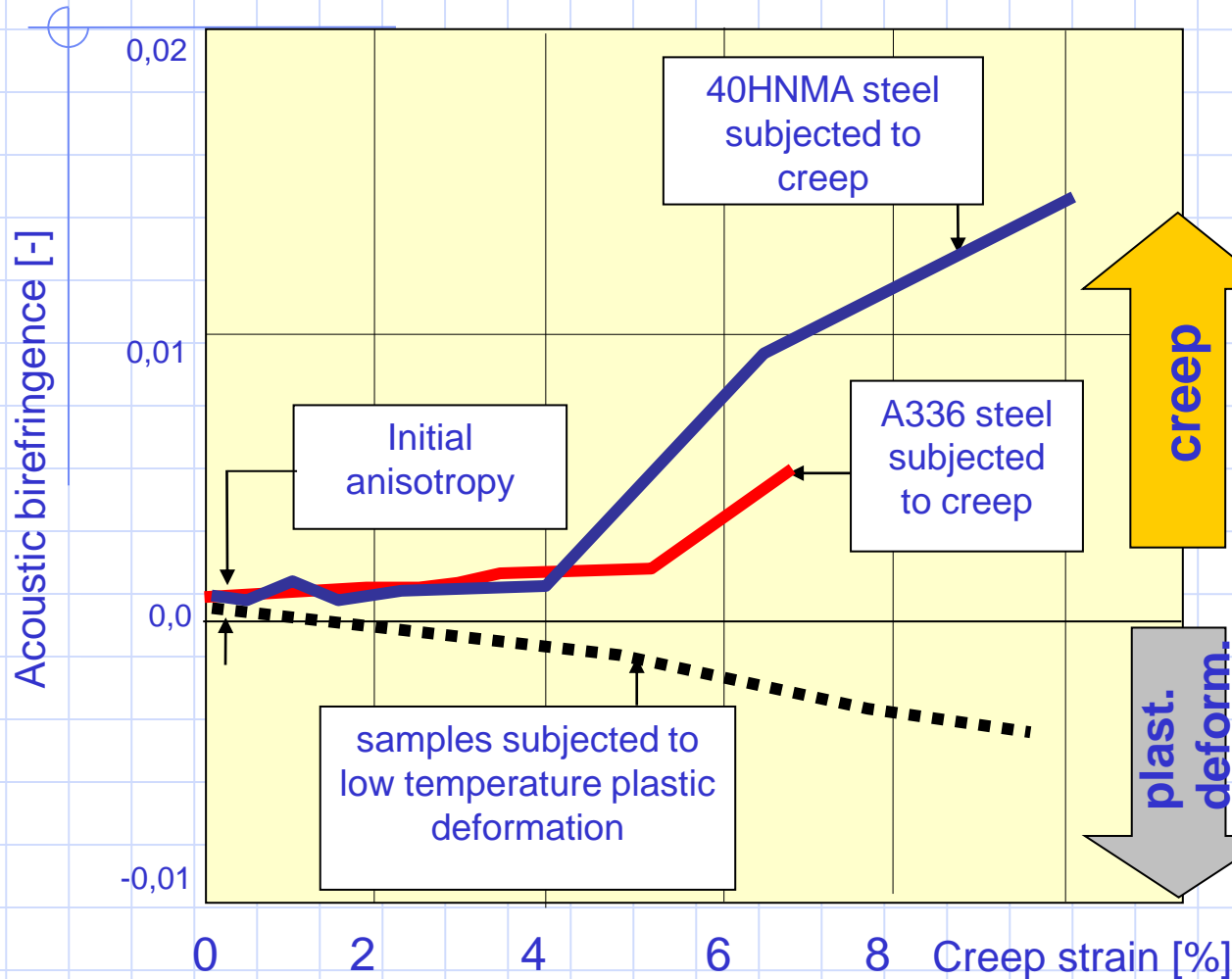
## B. Badania dwójłomności akustycznej po pełzaniu

(liniowe)

$$A = (V_L - V_p) / (V_{sr})$$

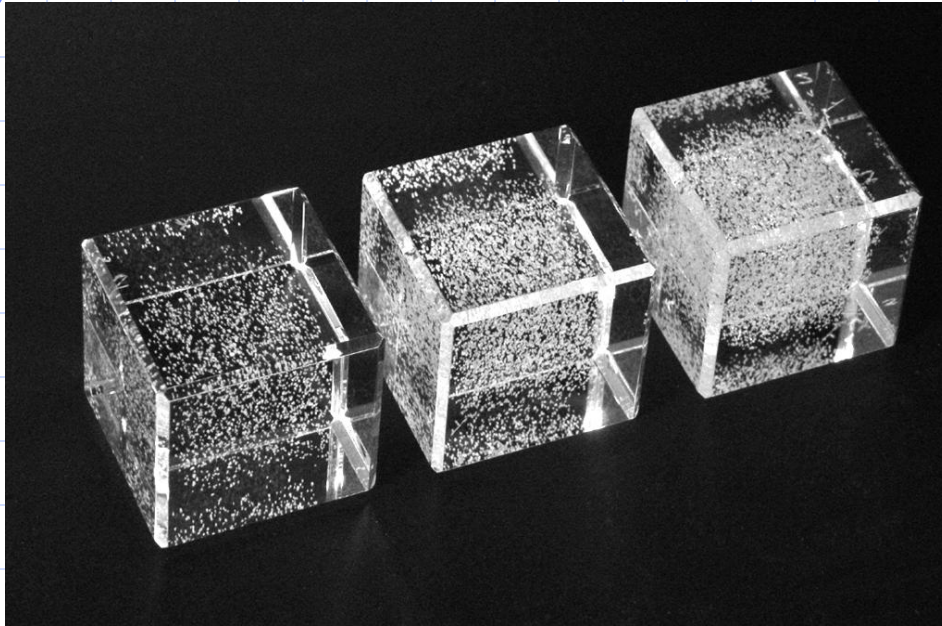
Mierzone: TOF dla fal spolaryzowanych L i P => obliczenie  $A$

# Wyniki dla pełzania i deformacji plastycznej



Prosta, szybka, nieniszcząca metoda wykrywania obszarów zdegradowanych, zawierających ukierunkowane mikropustki.

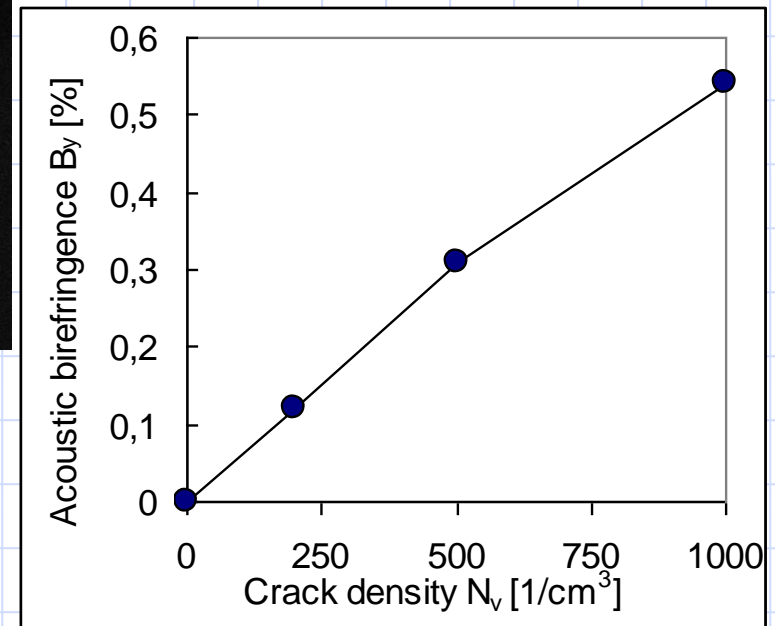
# Weryfikacja dla materiału ze sztucznie wprowadzonymi uszkodzeniami



**Podpowierzchniowe grawerowanie laserowe,**

**Płaskie (w przybliżeniu),  
zorientowane pęknięcia o  
wymiarach 0,5-0,8mm.**

Szklane próbki z mikropęknięciami  
(imitacji uszkodzeń wskutek pełzania)



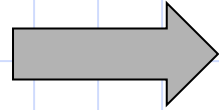
J. Szlązek, S. Mackiewicz, Z.L. Kowalewski, New samples with artificial voids for ultrasonic investigation of material damage due to creep, NDT and E International, 2009

# Nowe przedsięwzięcia badawcze

## Maszyna wytrzymałościowa sprzęgnięta z SEM

VISITEC  
MTS  
SIGMATEST

Styczeń 2007



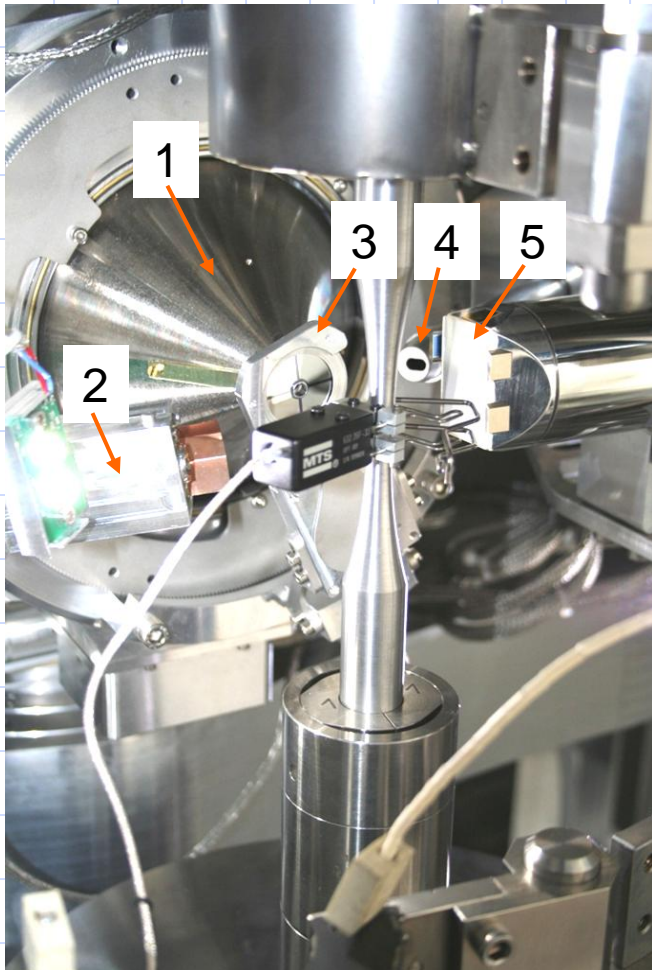
Projekt i wykonanie skaningowych mikroskopów elektronowych zintegrowanych z hydrauliczną maszyną wytrzymałościową



University Erlangen-Nuernberg  
Institute for Material Science  
Instalacja w 2009



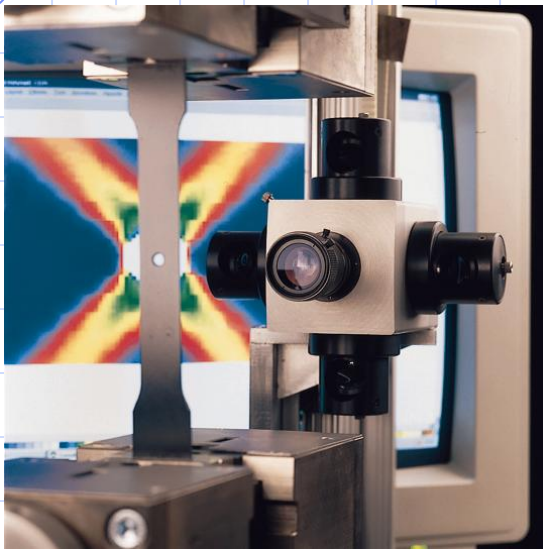
# Narzędzia analizy mikroskopowej



## Skala obserwacji

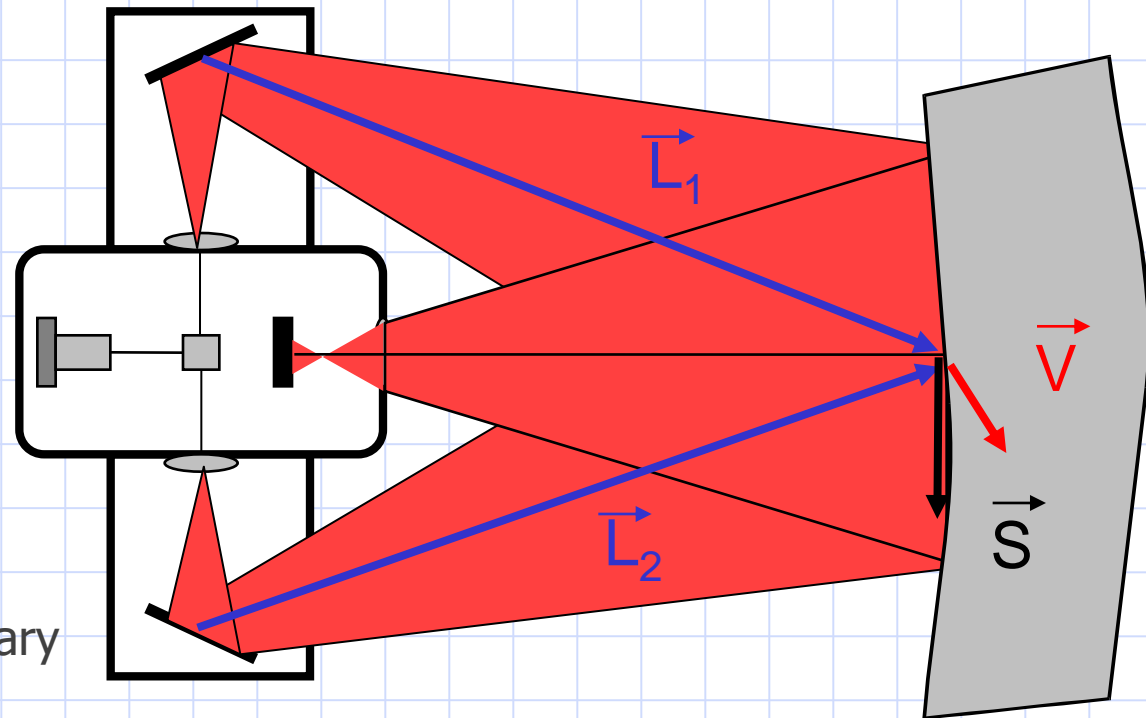
1. SEM układ optyczny
2. SEM Channeltron      Rozdzielczość  $<6 \text{ nm}$
3. Czterosekcyjny BSE Visitec, zakres  $2 \mu\text{m}$
4. System EDX (Energy Dispersive X-Ray, analiza chemiczna), zakres  $5 \mu\text{m}$
5. System EBSD (Electron Back Scatter Diffraction, orientacja metalograficzna)

# Polowe metody pomiaru deformacji

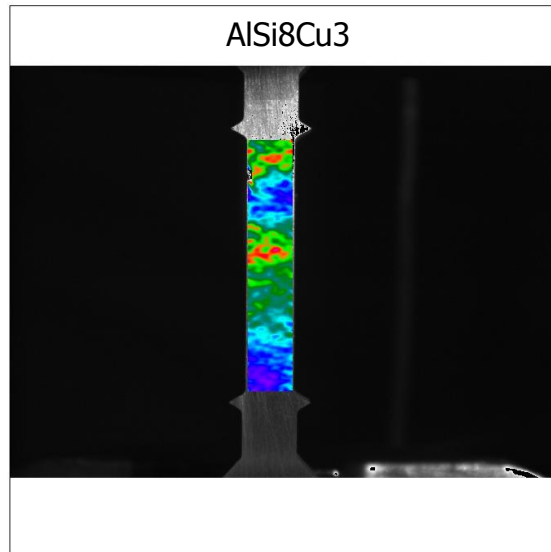


Electronic Speckle Pattern Interferometry (ESPI)  
Digital Image Correlation (DIC)

ESPI –  $10^{-6}$ , statyczne pomiary  
DIC –  $5 \times 10^{-4}$ , dynamiczne pomiary



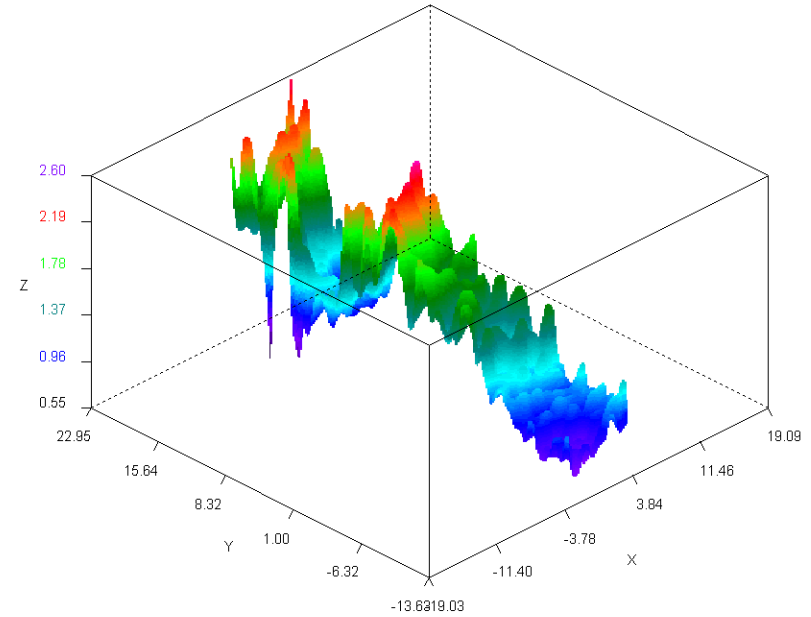
# Deformacije lokalne



Deformation [ $\mu\text{m}$ ]  
 PV= 2.047  
 05-02-2009 08:08:55

	No.	Force N	Displace mm	Torque Nm	strain 1
Reference	0	-2.44	0.00977	0.259	-3.05e-005
Measurement	13	2.5e+003	0.126	0.404	-3.05e-005

Dantec Ettmeyer GmbH  
 3D013.TFD



Deformation [ $\mu\text{m}$ ]  
 PV= 2.047  
 05-02-2009 08:08:55

	No.	Force N	Displace mm	Torque Nm	strain 1
Reference	0	-2.44	0.00977	0.259	-3.05e-005
Measurement	13	2.5e+003	0.126	0.404	-3.05e-005

Dantec Ettmeyer GmbH  
 3D013.TFD



# Podsumowanie

- ❖ Celem współczesnych badań mechanicznych jest poznanie zjawisk (deformacji, uszkodzeń, akumulacji...) i roli mikrostruktury.
- ❖ Rozwój metod badań w różnych skalach i ich sprzężanie, integracja różnych dziedzin.
- ❖ Konieczne są obserwacje lokalne.
- ❖ Metody polowe + mikroskopowe.