

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

AGH

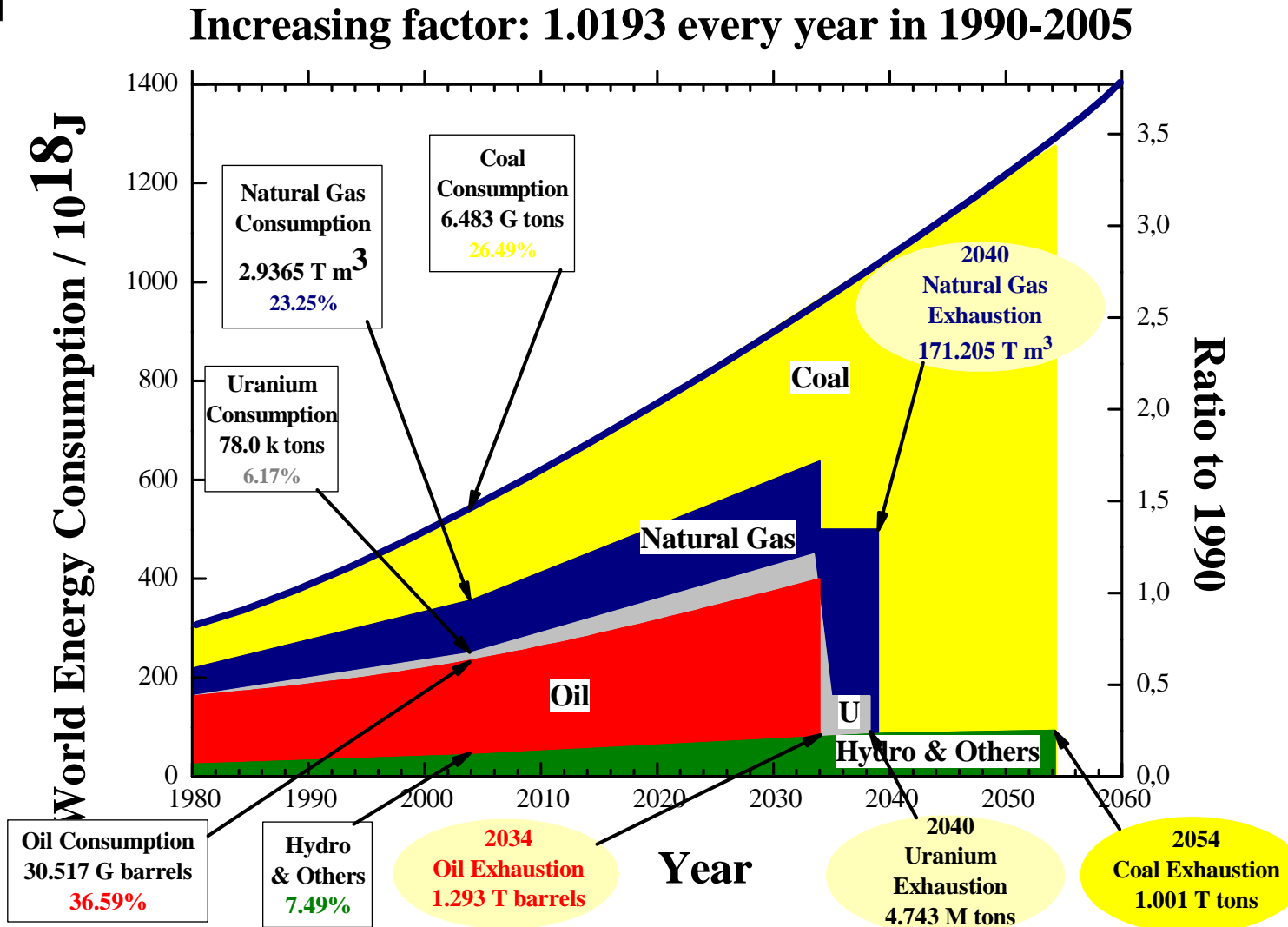
WYSOKOTEMPERATUROWA KOROZJA ZAWORÓW SILNIKOWYCH

<http://home.agh.edu.pl/~grzesik>

Paliwa stosowane w motoryzacji

- Klasyczne paliwa ciekłe (benzyny i oleje napędowe)
- Gaz ziemny (propan-butan)
- Biopaliwa
- Prąd elektryczny
- Wodór
- Inne (sprężone powietrze, metan, itp.)

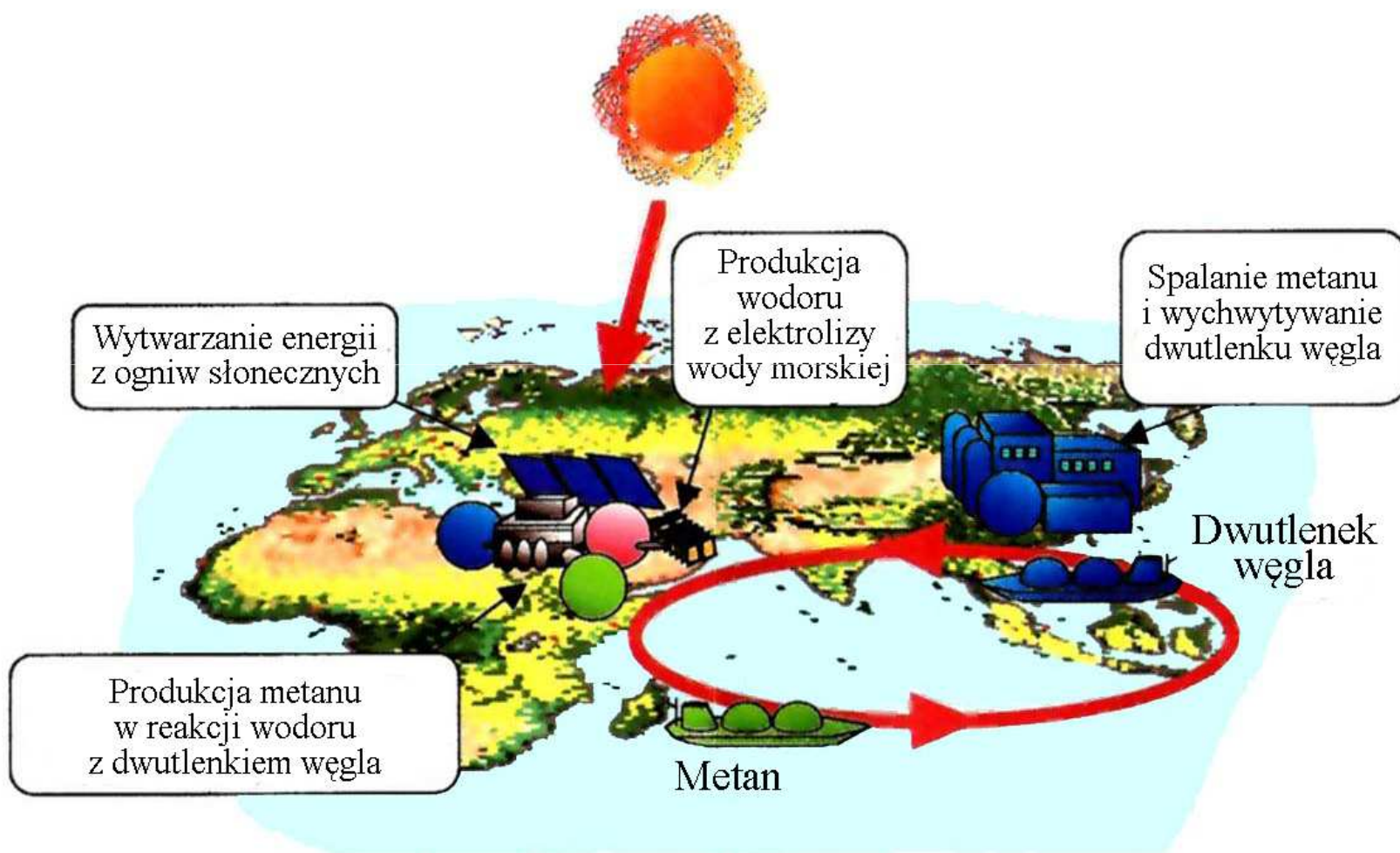
Prognoza poziomu konsumpcji energii do roku 2054



Konsekwencje eksploatacji paliw kopalnych

- wyczerpywanie się zasobów paliw kopalnych
- obniżenie bezpieczeństwa energetycznego poszczególnych regionów świata
- wzrost cen paliw kopalnych
- degradacja środowiska naturalnego
- destabilizacja klimatu
- pogorszenie stanu zdrowia ludności w wyniku wzrostu zanieczyszczenia.

Schemat ideowy koncepcji prof. K. Hashimoto zastosowania metanu, jako nośnika energii



Alternatywne źródła energii

- energia słoneczna (ogniwa i kolektory słoneczne)
- energia jądrowa
- zimna i gorąca fuzja
- energia geotermalna
- energia wiatru
- energia wodna
- energia fal morskich
- biopaliwa – optymalne rozwiązanie w okresie przejściowym



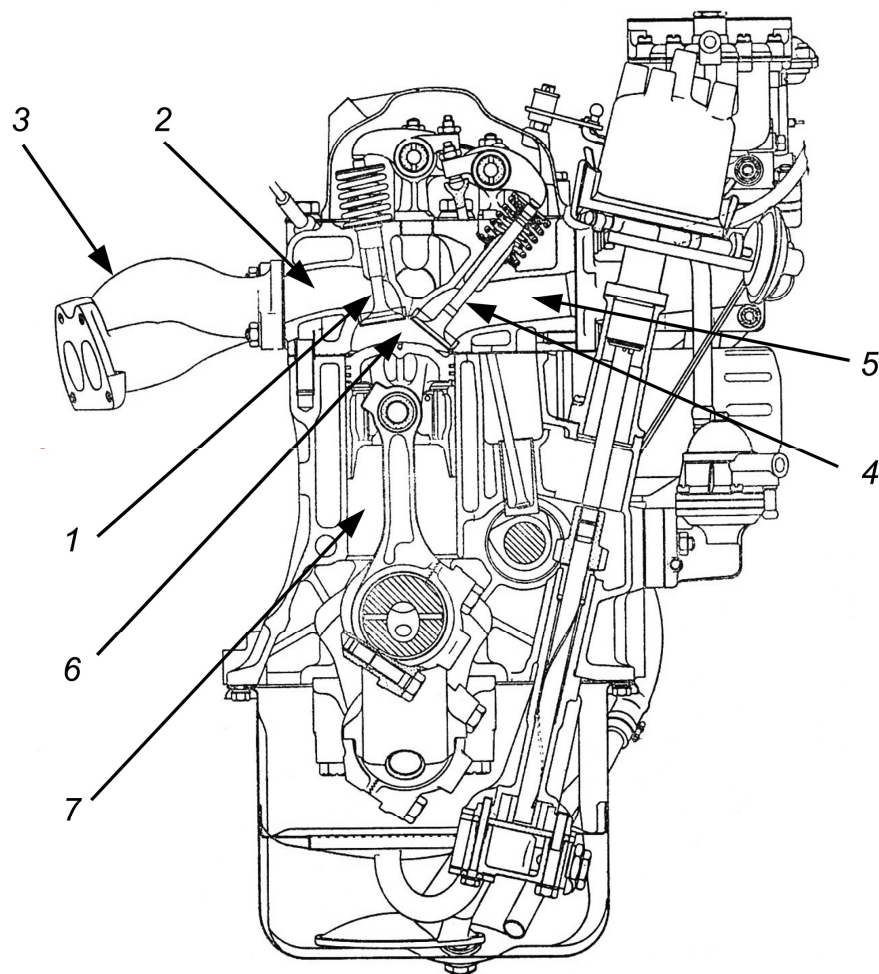
Uregulowania prawne

Dyrektywa 2003/30/EC Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej z dnia 8 maja 2003 „Promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport”, Official Journal of the European Union, 2003, L 123/43-46.

Aktualnie stosowane bio-dodatki do paliw płynnych

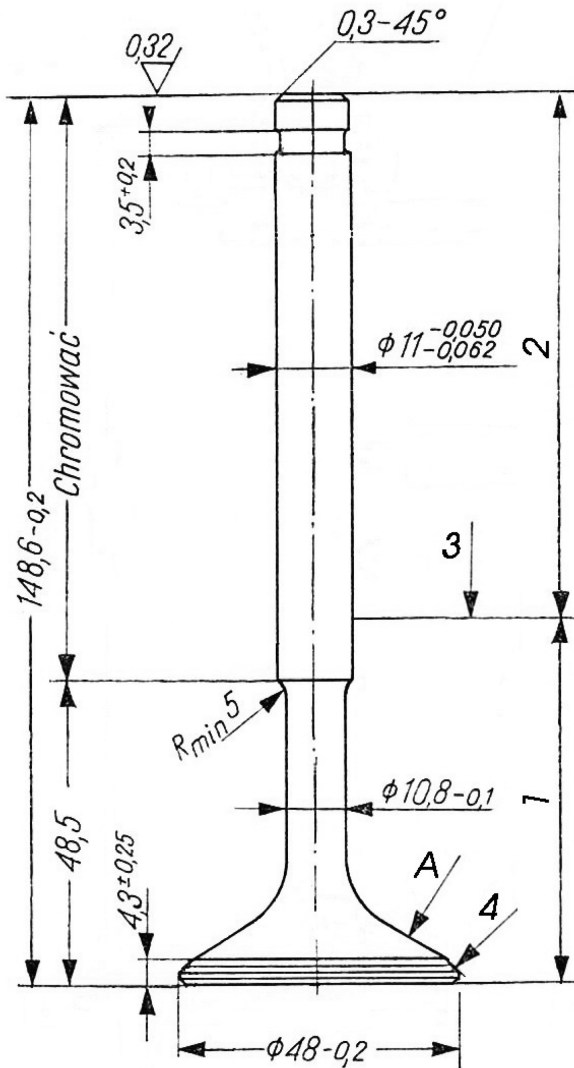
- Alkohol etylowy (dodatek do benzyny)
- Estry metylowe kwasów tłuszczowych, FAME (dodatek do oleju napędowego)

Przekrój poprzeczny silnika czterosuwowego rzędowego o zapłonie iskrowym, Fiat



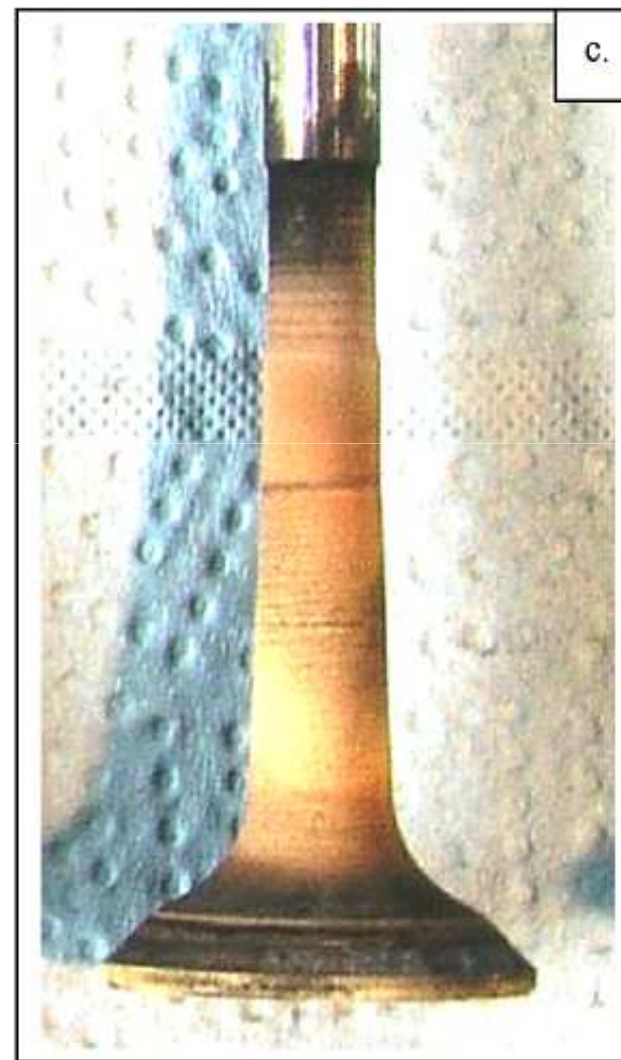
- 1 – zawór wylotowy,
- 2 – kanał wylotowy spalin,
- 3 – kolektor spalin,
- 4 – zawór dolotowy,
- 5 – kanał dolotowy mieszanki
paliwowo – powietrznej,
- 6 – komora spalania
- 7 – cylinder z tłokiem i korbowodem

Schemat zaworu wylotowego

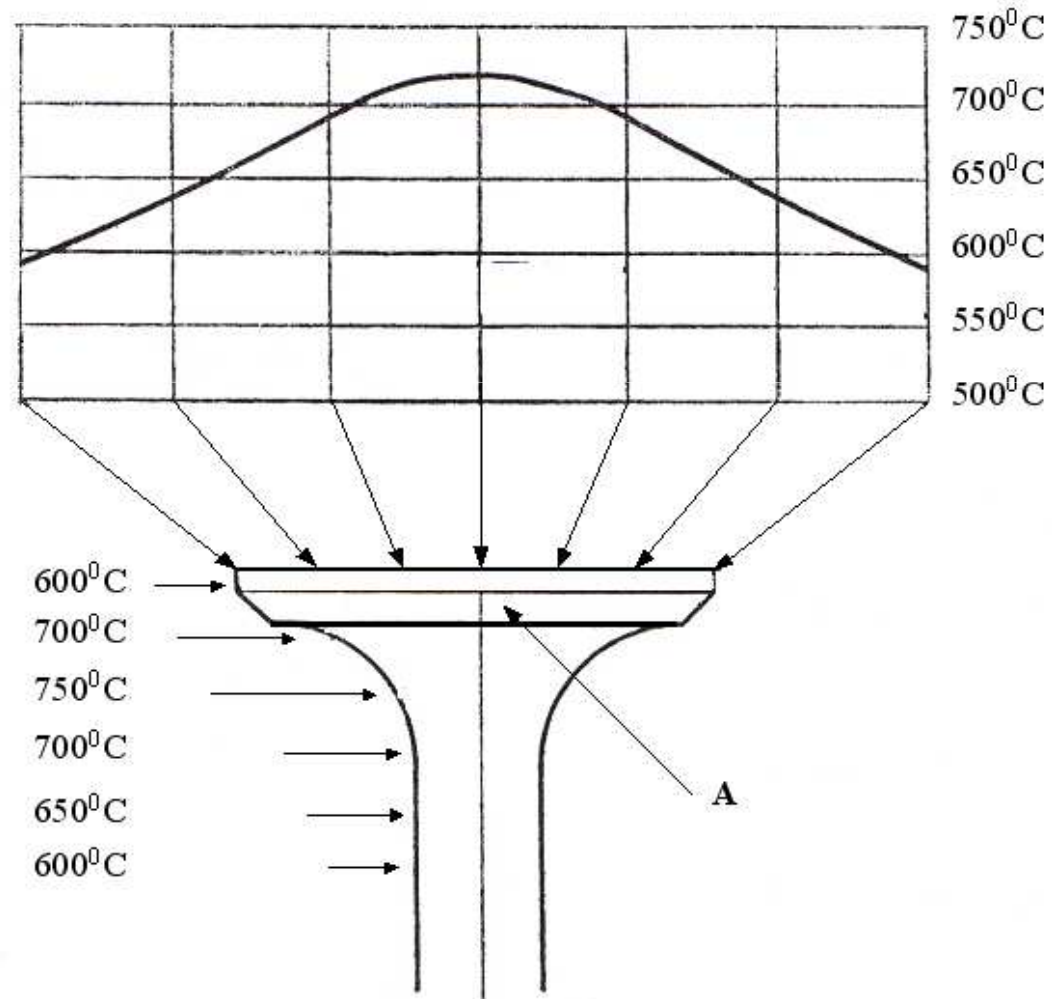


- 1 – grzybek - stal austenityczna Cr-Ni-W-Mo w stanie przesyconym i starzonym,
- 2 – trzonek - stal Cr-Si-Mo w stanie ulepszonym cieplnie,
- 3 – miejsce zgrzewania tarcowego,
- 4 – przylgnia napawana stellem Co-Cr-W

Zawory wylotowe po 1000 godz. teście silnika z zapłonem samoczynnym



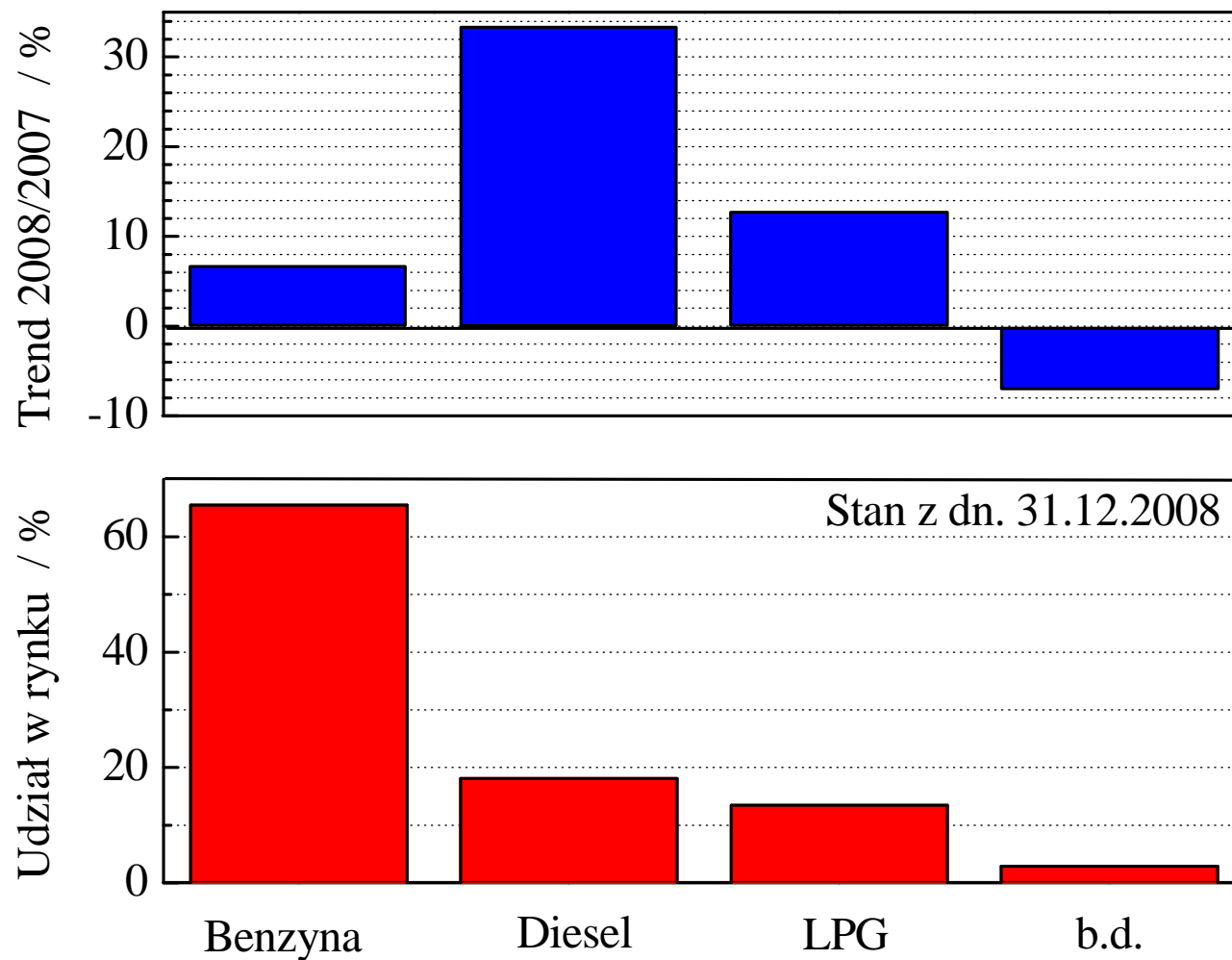
Rozkład temperatury pracy zaworów wylotowych - silnik benzynowy z zapłonem iskrowym



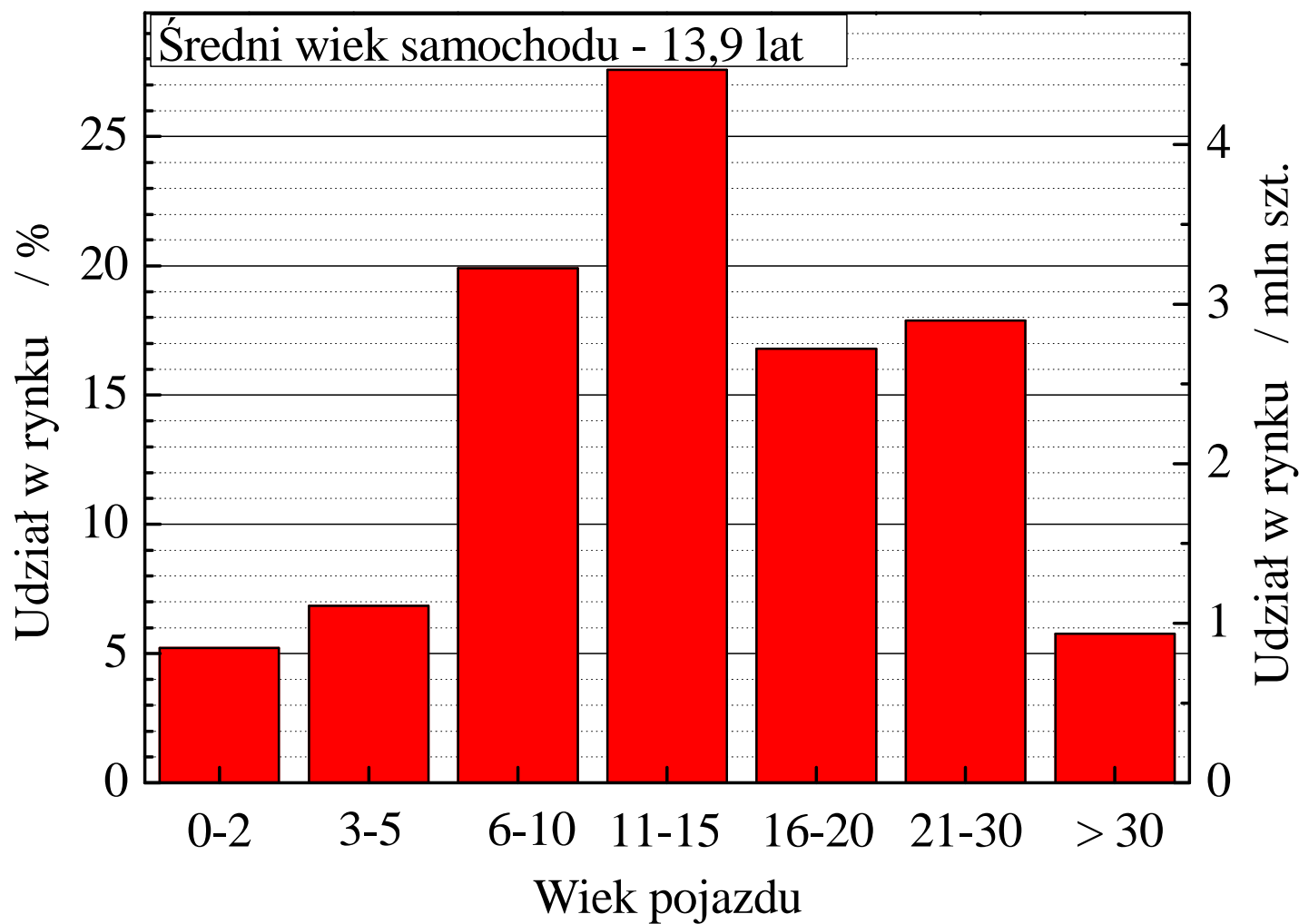
Typowe warunki pracy zaworów silnikowych

- obecność agresywnej atmosfery gazów spalinowych
- wysoka temperatura maksymalna ($T \approx 1173 \text{ K}$)
- szybkie zmiany temperatury (szoki termiczne)

Paliwa stosowane w branży motoryzacyjnej w Polsce



Wiek samochodów osobowych w Polsce



Skład chemiczny spalin silników z zapłonem iskrowym i samoczynnym (% wag.)

Składniki gazów spalinowych	Jednostka miary	Silniki z zapłonem		Ocena toksyczności
		iskrowym	samoczynnym	
Azot	% obj.	74-77	76-78	Obojętny
Tlen	% obj.	0,3-8,0	2,0-18,0	jw.
Para wodna	% obj.	3,0-5,5	0,4-5,0	jw.
Dwutlenek węgla	% obj.	5,0-12,0	1,0-10,0	jw.
Tlenek węgla	% obj.	5,0-10,0	0,01-0,5	Toksyczny
Tlenki azotu	% obj.	0,0-0,8	0,002-0,5	jw.
Węglowodory	% obj.	0,2-3,0	0,009-3,0	jw.
Aldehydy	% obj.	0,0-0,2	0,001-0,009	jw.
Sadza	g/m ³	0,0-0,04	0,01-1,1	jw.
3,4 benzopiren	g/m ³	do 15,0	do 10,0	Rakotwórczy

Skład chemiczny stali stosowanych do wyrobu zaworów silnikowych (% wag.)

Typ stali	C	Mn	Si	Cr	Ni	N	W	Nb	S	P	Mo	Fe
X33CrNiMn23-8	0.35	3.3	0.63	23.4	7.8	0.28	0.02	-	<0.005	0.014	0.11	bal.
X50CrMnNiNbN21-9	0.54	7.61	0.30	19.88	3.64	0.44	0.86	2.05	0.001	0.031	-	bal.
X53CrMnNiN20-8	0.53	10.3	0.30	20.5	4.1	0.41	-	-	<0.005	0.04	0.12	bal.
X55CrMnNiN20-8	0.55	8.18	0.17	20.0	2.3	0.38	-	-	<0.005	0.03	0.11	bal.

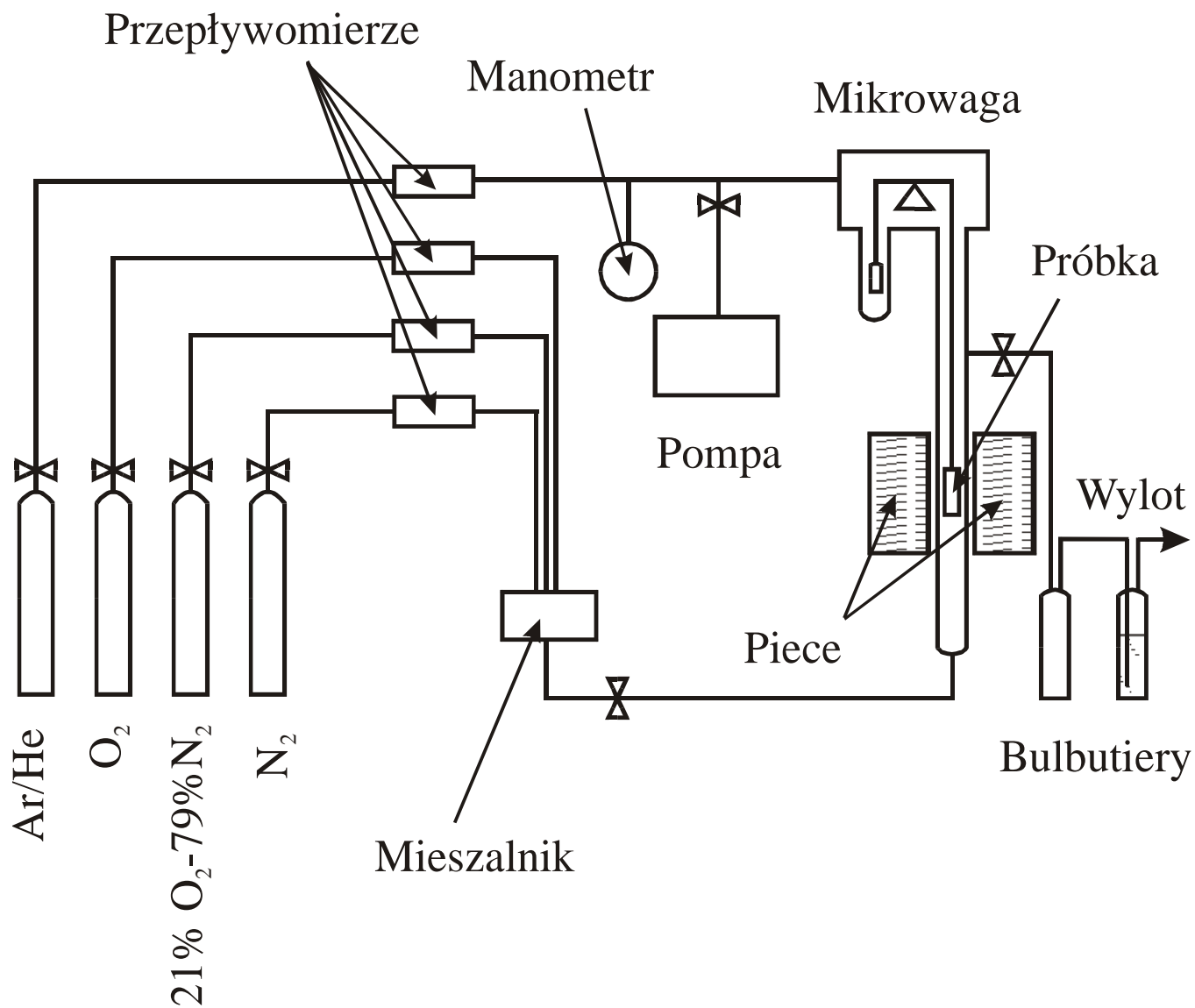


AGH

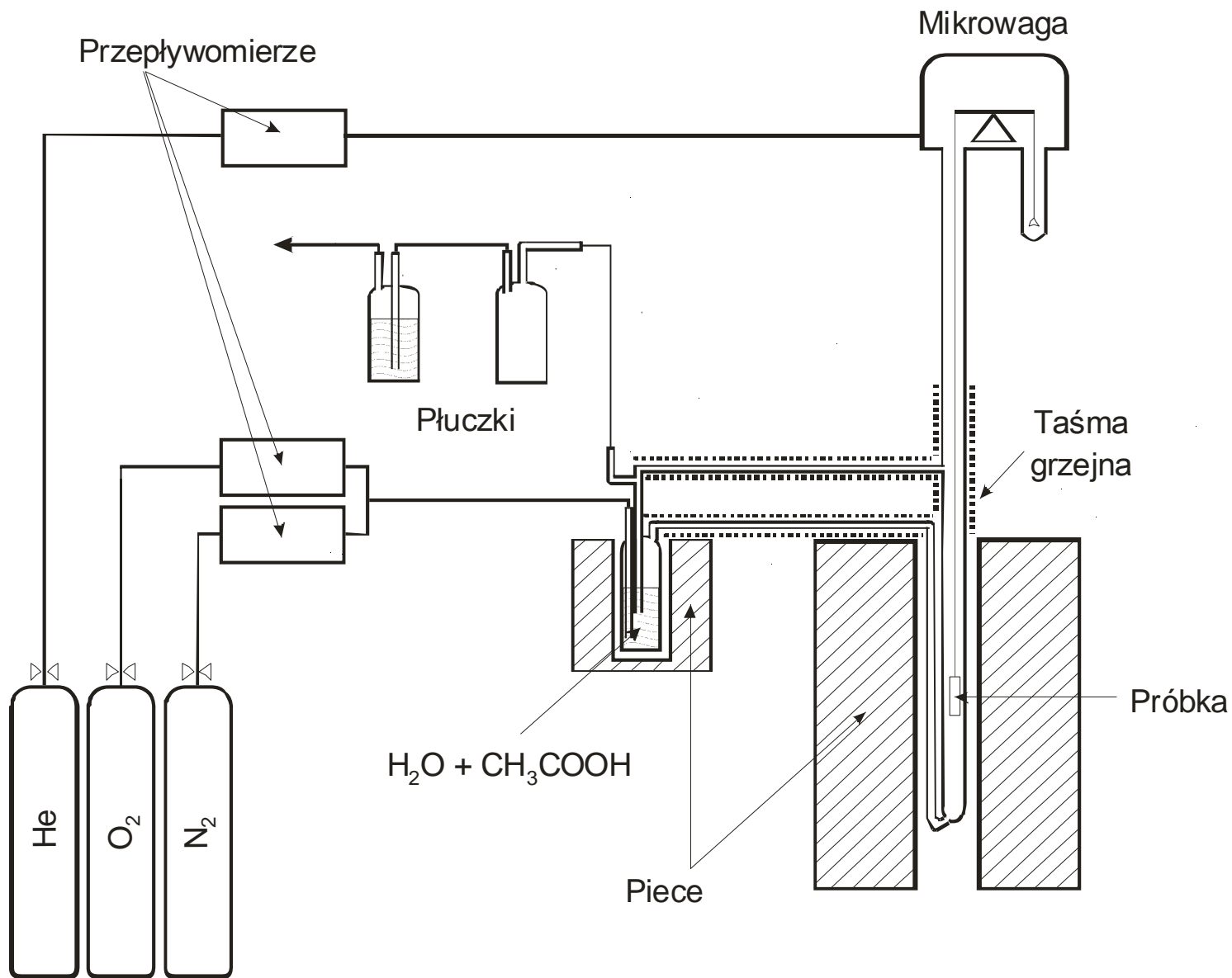
Literatura dotycząca korozji stali zaworowych

- K. Adamaszek, Z. Jurasz, L. Swadzba, Z. Grzesik, S. Mrowec, "The Influence of Hybrid Coatings on Scaling-resistant Properties of X33CrNiMn23-8 Steel", *High Temperature Materials and Processes*, 26, 115-122 (2007).
- Z. Jurasz, K. Adamaszek, R. Janik, Z. Grzesik, S. Mrowec, „High temperature corrosion of valve steels in atmosphere containing water vapor”, *Journal of Solid State Electrochemistry*, 13, 1709-1714 (2009).
- Z. Grzesik, S. Mrowec, Z. Jurasz, K. Adamaszek, „The behavior of valve materials utilized in Diesel engines under thermal shock conditions”, *High Temperature Materials and Processes*, 29, 35-45 (2010).
- Z. Grzesik, M. Migdalska, S. Mrowec, „Corrosion behavior of valve steels in oxidizing atmosphere containing acetic acid”, *High Temperature Materials and Processes*, 29, 203-214 (2010).
- Z. Grzesik, Z. Jurasz, K. Adamaszek, S. Mrowec, „Oxidation Kinetics of Steels Utilized in the Production of Valves in Automobile Industry”, *High Temperature Materials and Processes*, 31, 775-779 (2012).
- Z. Grzesik, K. Adamaszek, Z. Jurasz, S. Mrowec „The influence of yttrium on kinetics and mechanism of chromia scale growth on Fe-Cr-Ni base steels”, *Defect and Diffusion Forum*, 333, 91-100 (2013).
- Z. Grzesik, G. Smola, K. Adamaszek, Z. Jurasz, S. Mrowec, „Thermal shock corrosion of valve steels utilized in automobile industry”, *Oxidation of Metals*, 80, 147-159 (2013).
- Z. Grzesik, G. Smola, K. Adamaszek, Z. Jurasz, S. Mrowec, „High Temperature corrosion of valve steels in combustion gases of petrol containing ethanol addition”, *Corrosion Science*, 77, 369-374 (2013).

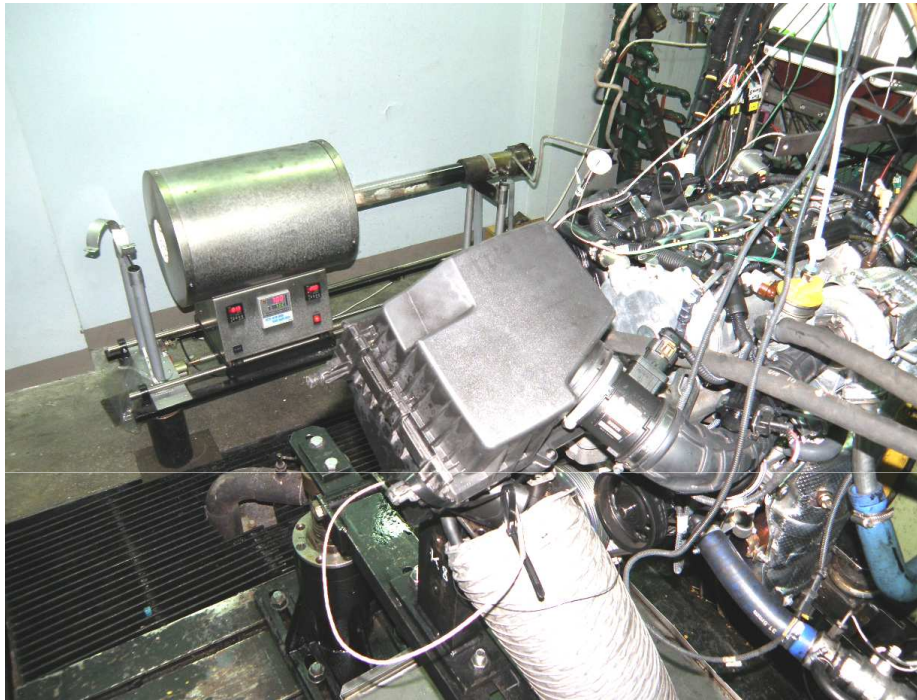
Schemat aparatury mikrotermograwimetrycznej do badania kinetyki utleniania stali zaworowych



Schemat aparatury mikrotermograwimetrycznej do badania szybkości korozji w obecności pary wodnej



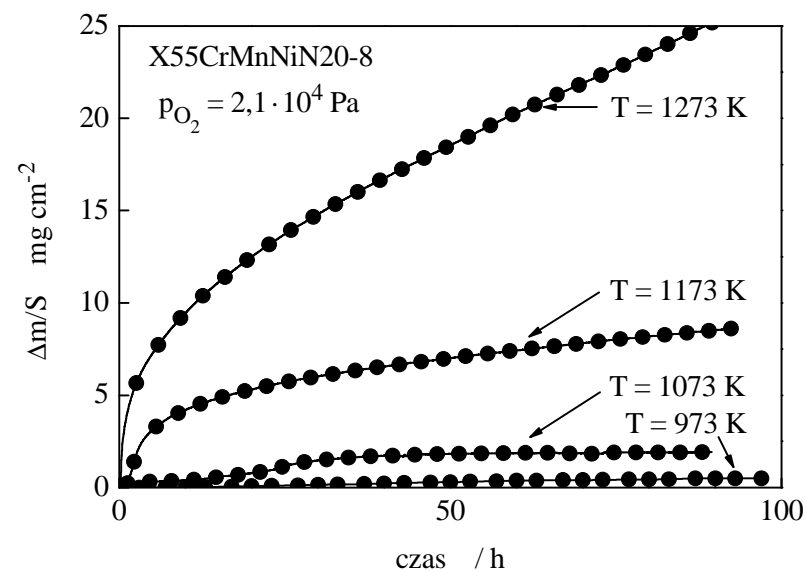
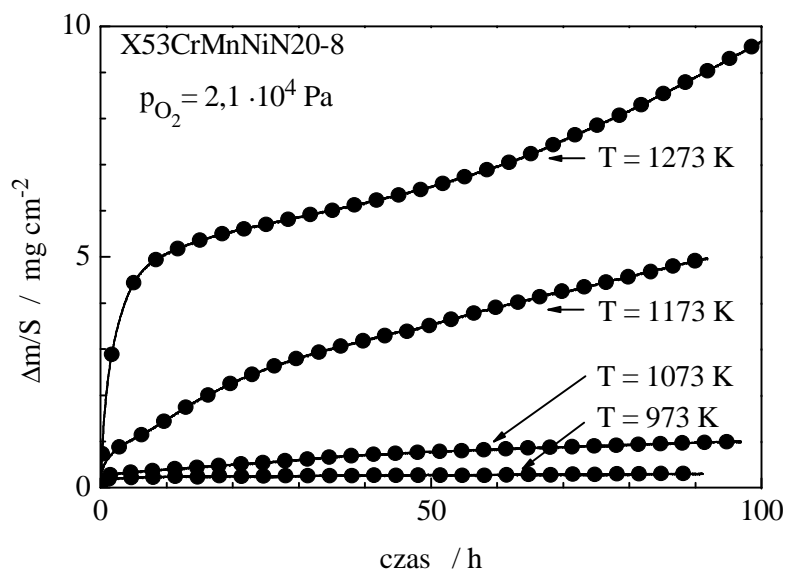
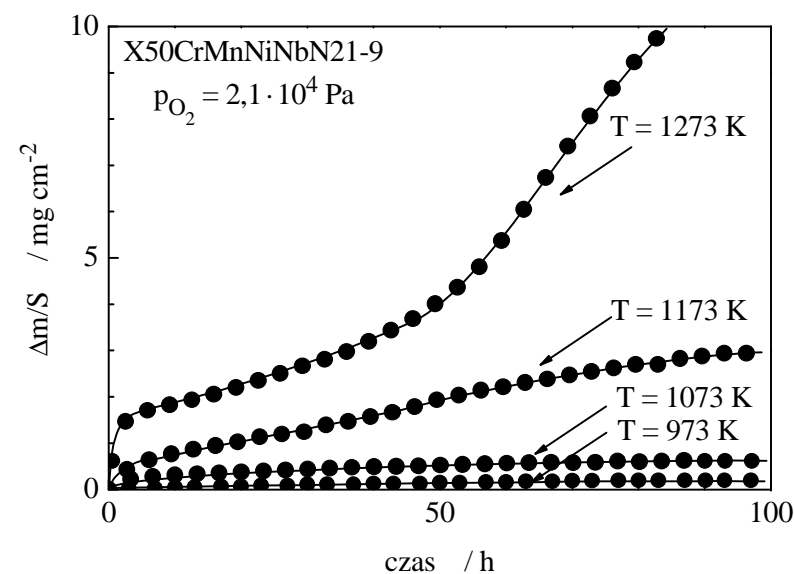
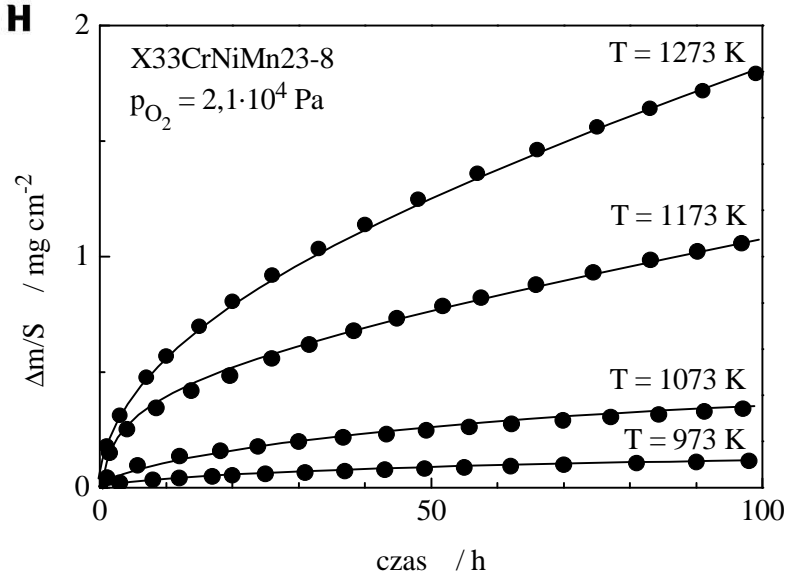
Stanowisko do badania korozji w warunkach szoków termicznych na hamowni silnikowej



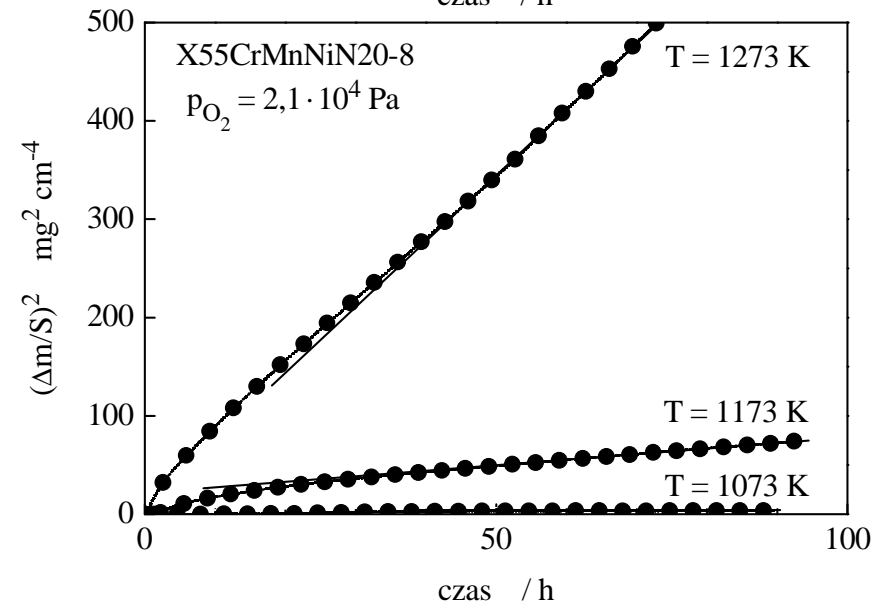
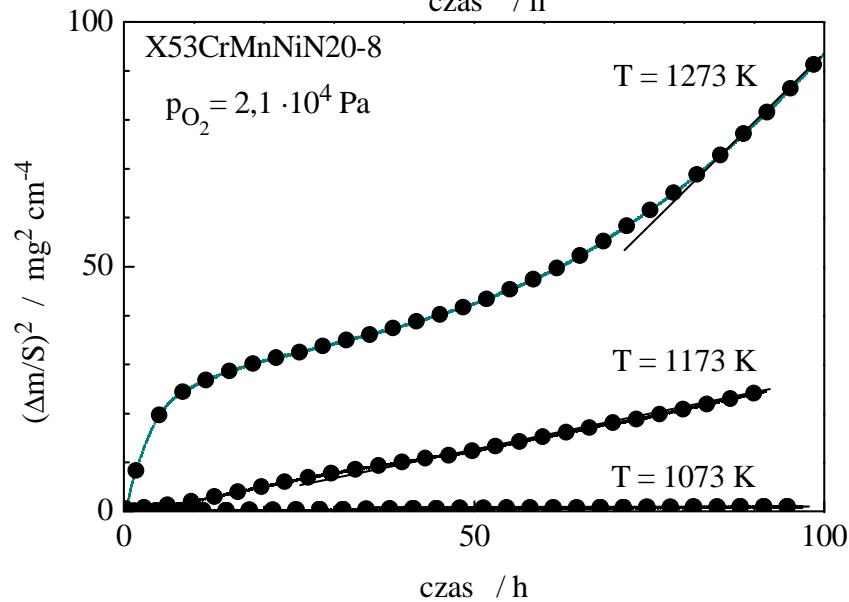
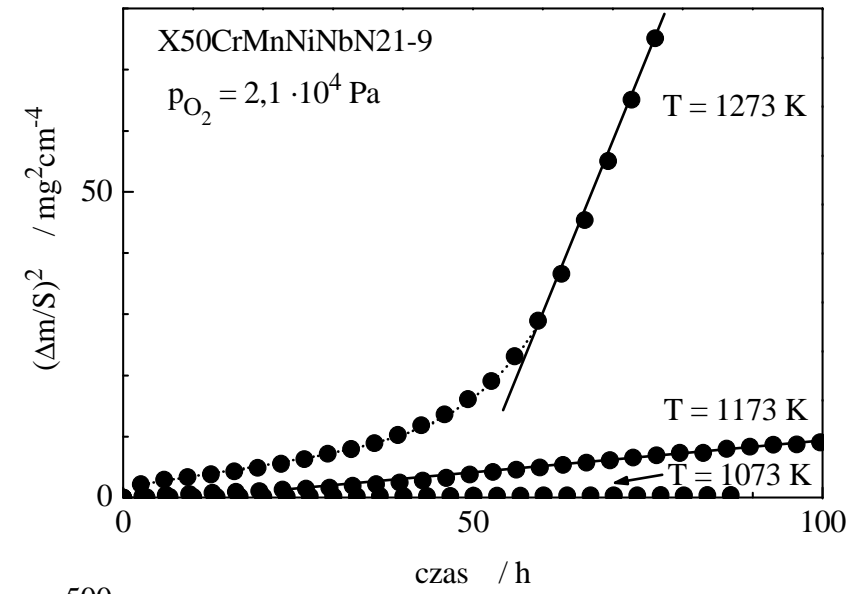
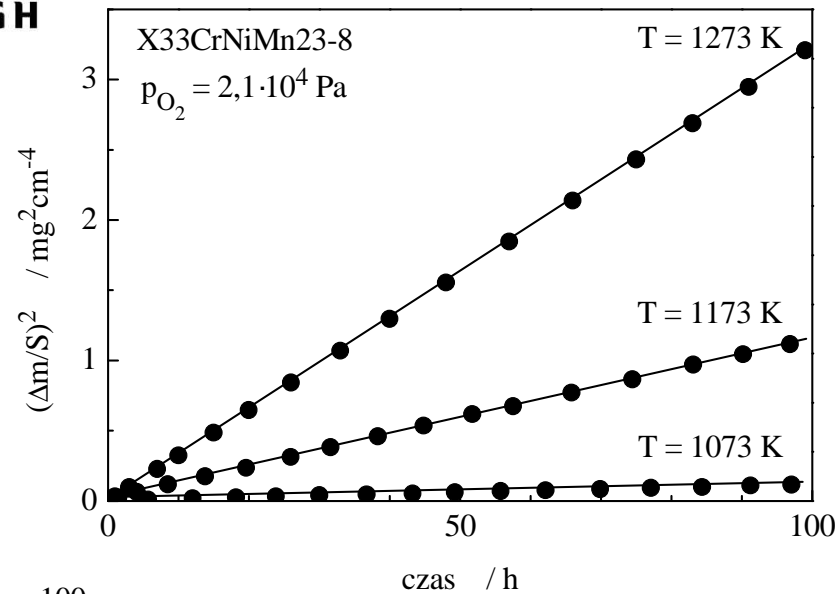
Hybrydowa głowica reakcyjjna



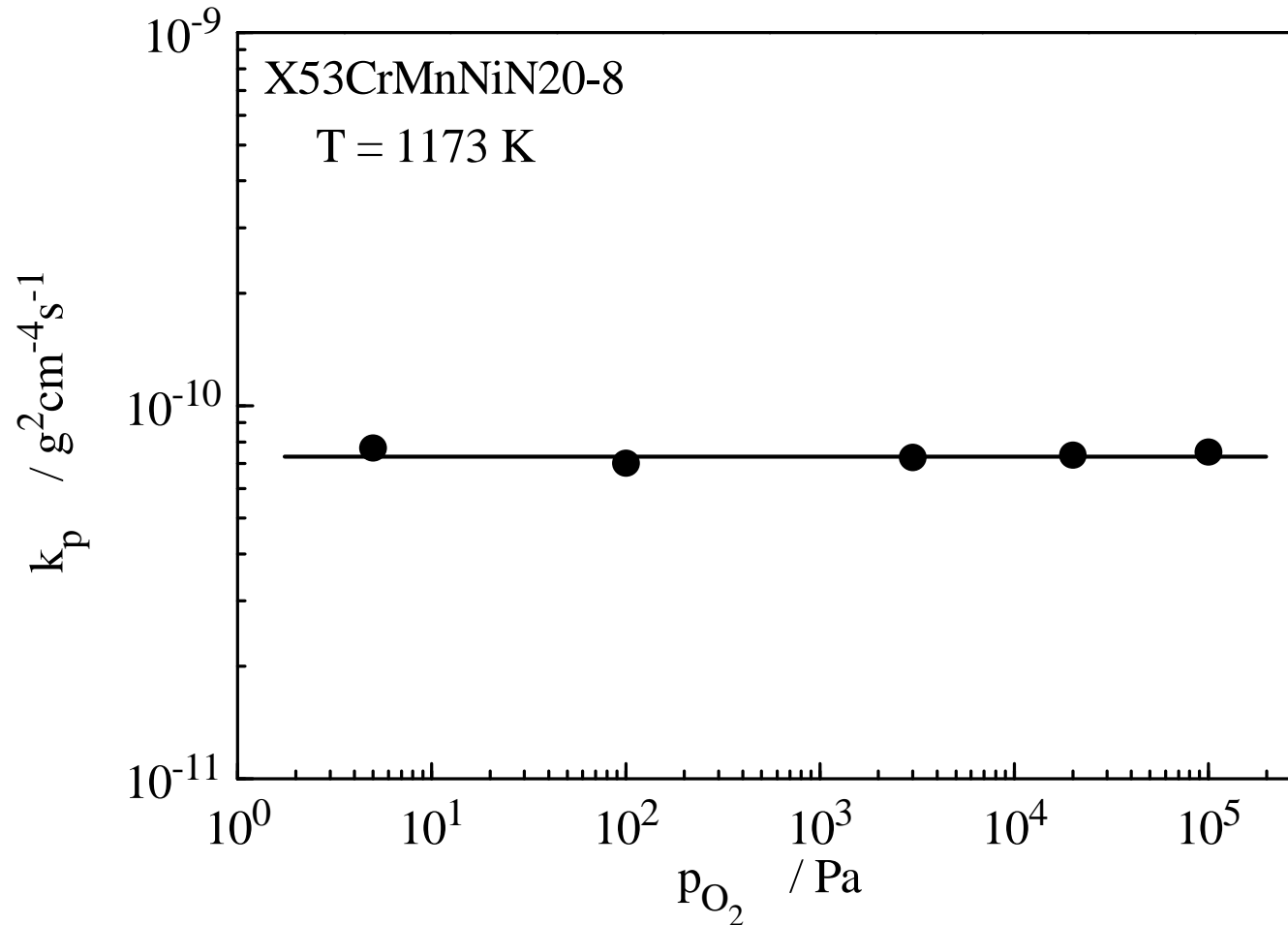
Kinetyka utleniania stali zaworowych – liniowy układ współrzędnych



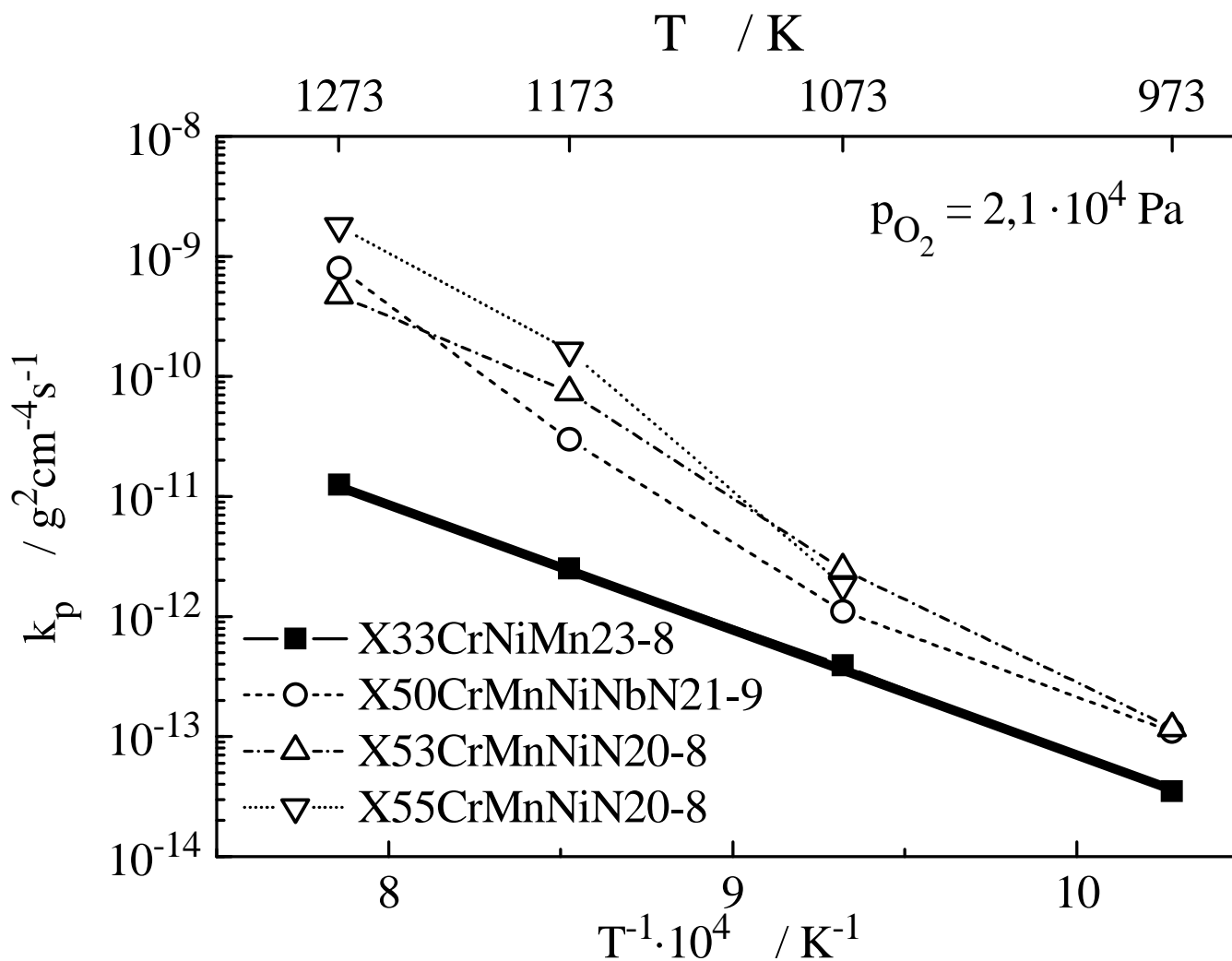
Kinetyka utleniania stali zaworowych – paraboliczny układ współrzędnych



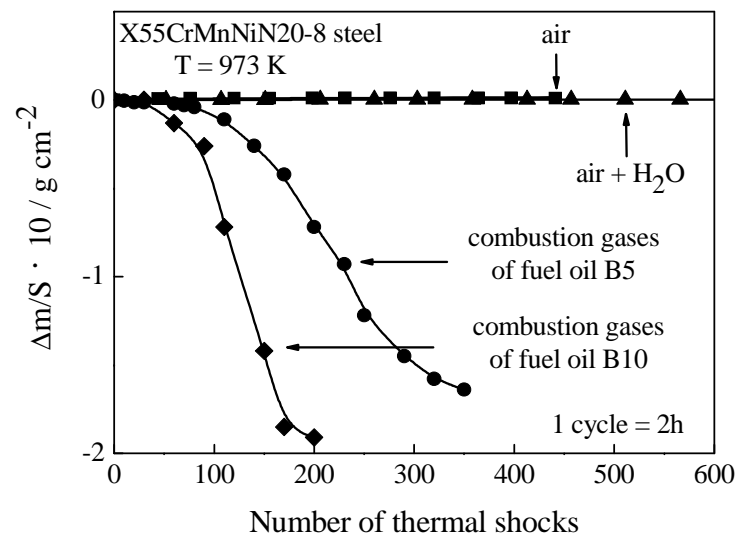
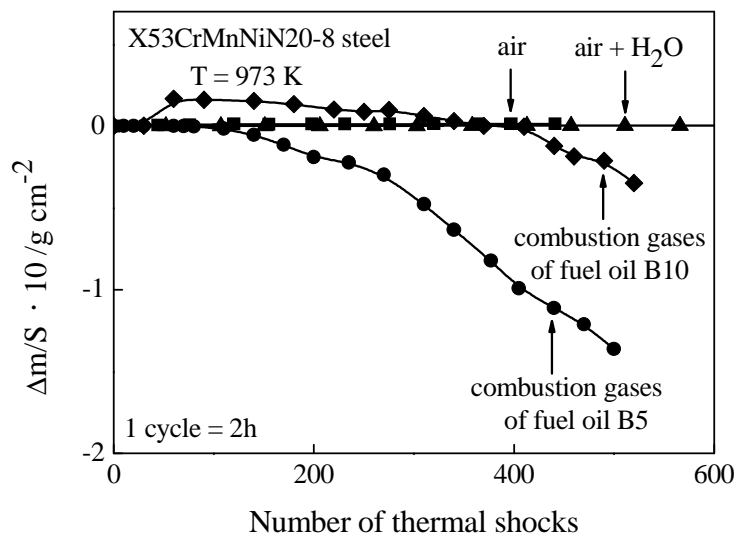
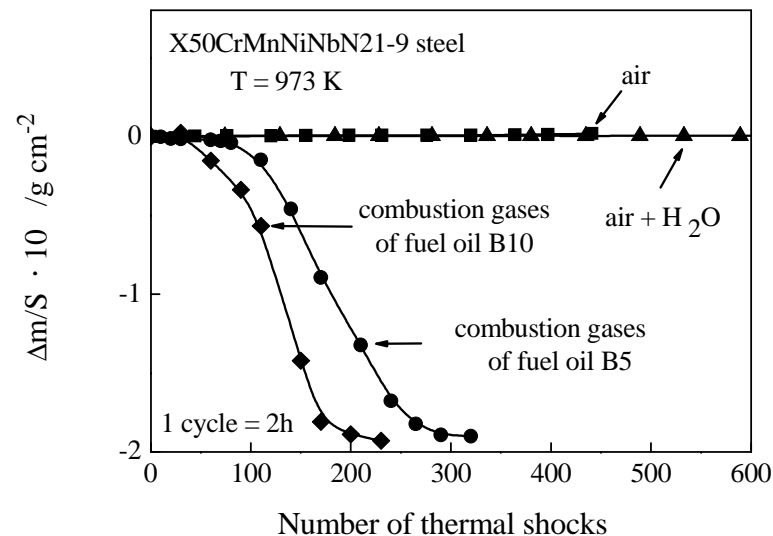
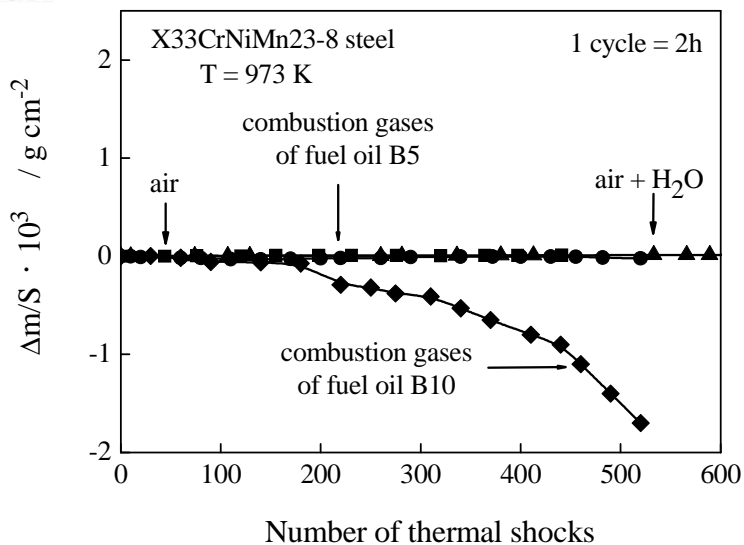
Ciśnieniowa zależność szybkości utleniania stali zaworowej X53CrMnNiN20-8, uzyskana w temperaturze 1173 K



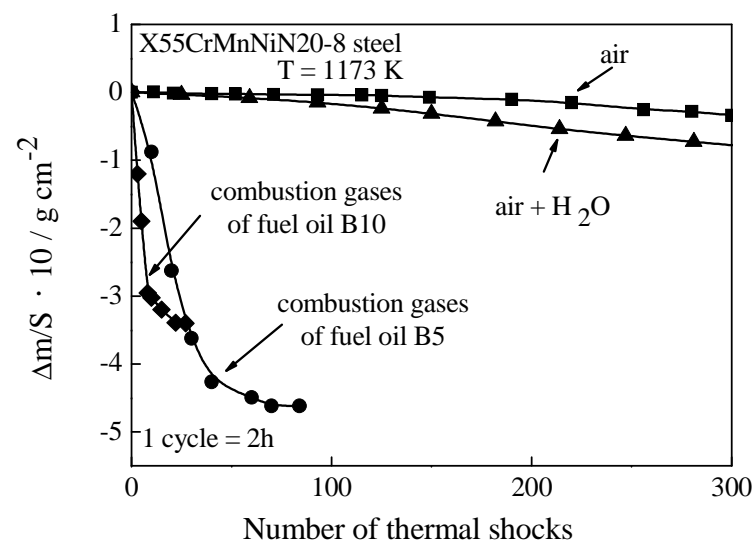
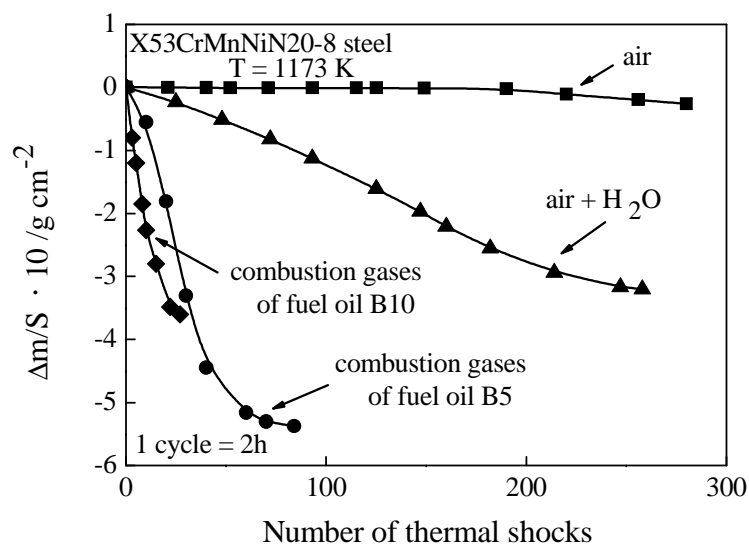
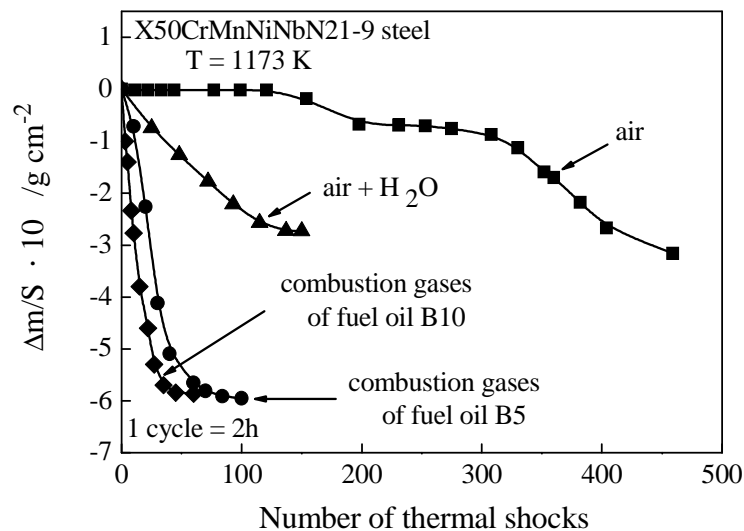
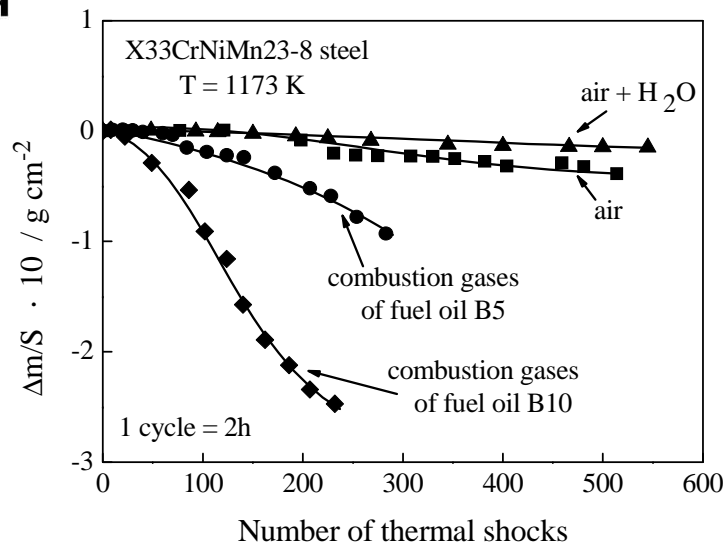
Temperaturowa zależność szybkości utleniania szeregu stali zaworowych



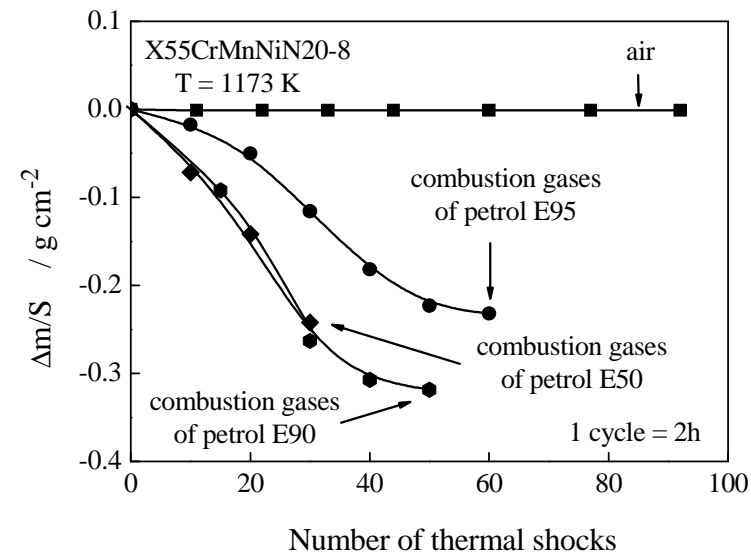
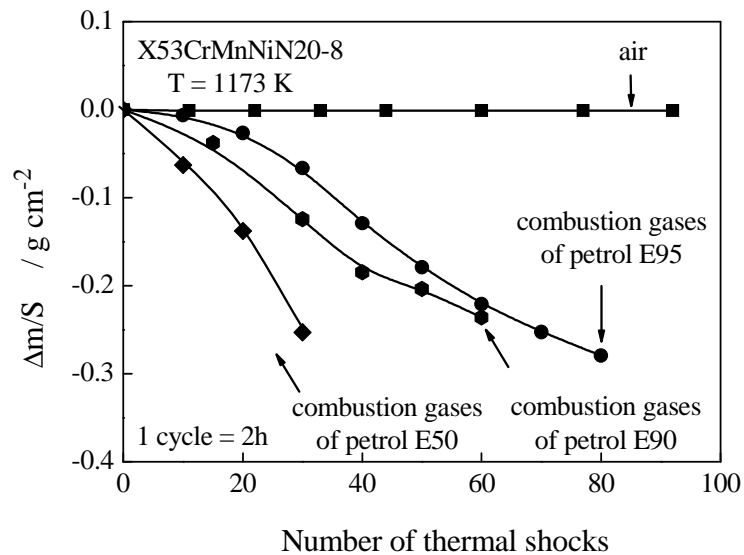
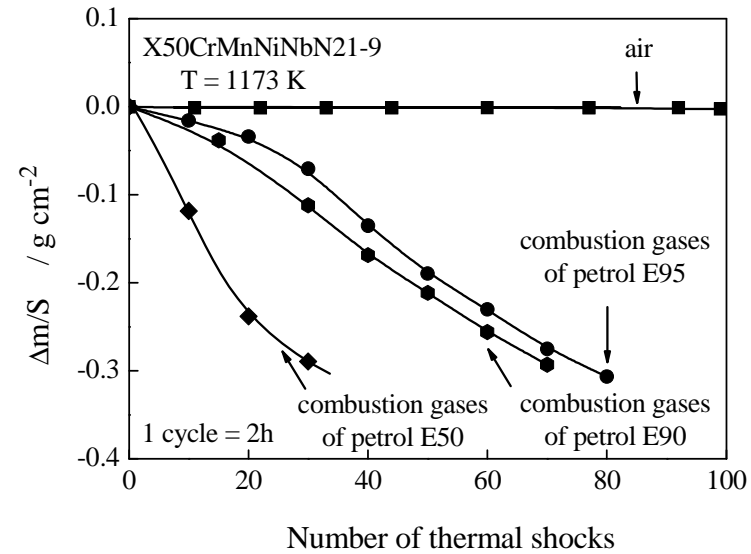
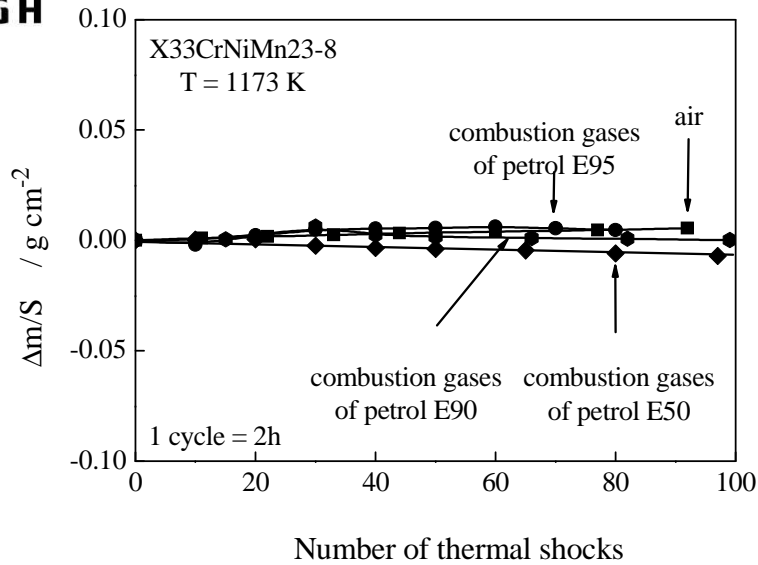
Kinetyka korozji stali zaworowych w spalinach oleju napędowego z bio-dodatkiem



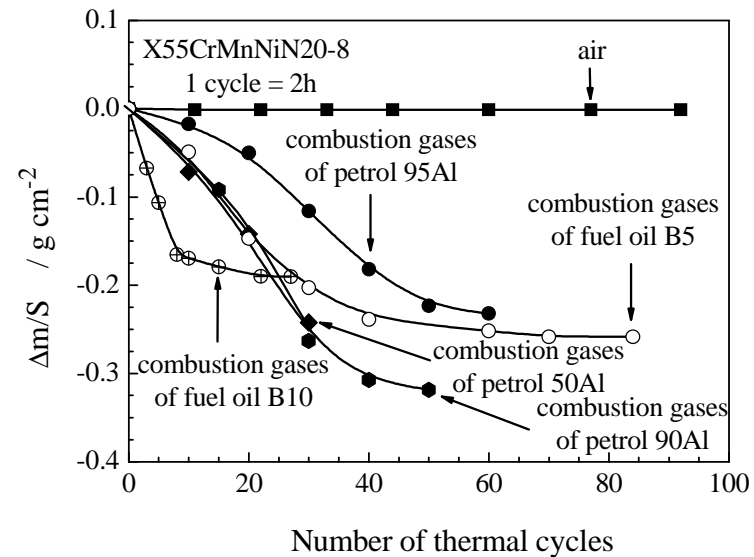
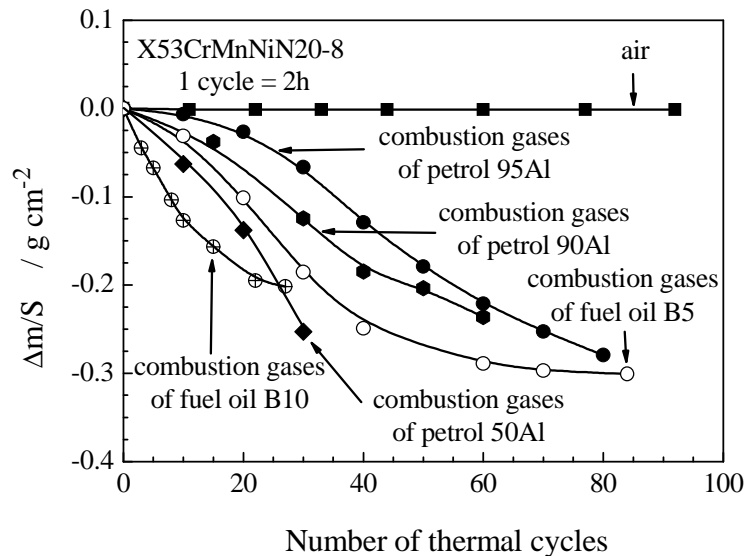
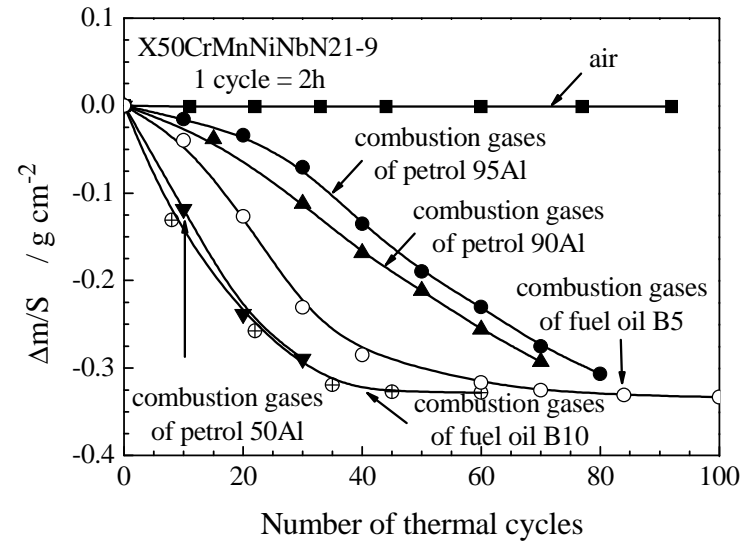
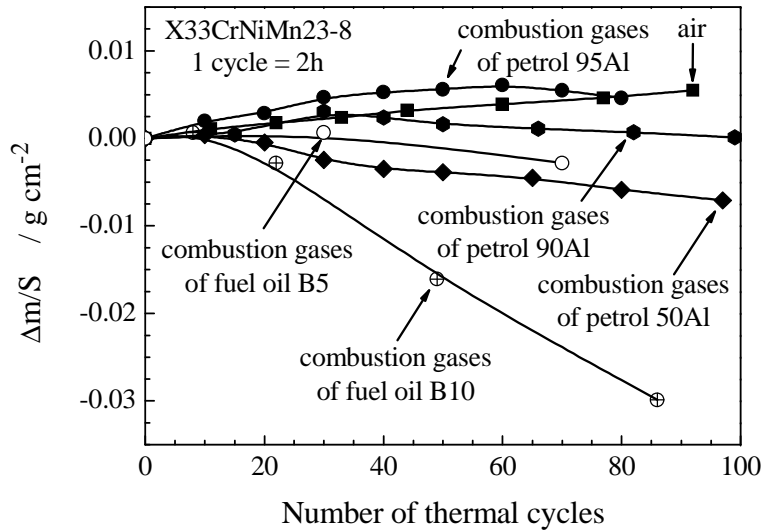
Kinetyka korozji stali zaworowych w spalinach oleju napędowego z bio-dodatkiem



Kinetyka korozji stali zaworowych w spalinach benzyny z bio-dodatkiem



Porównanie kinetyki korozji stali zaworowych w spalinach różnorodnych paliw z bio-dodatkiem



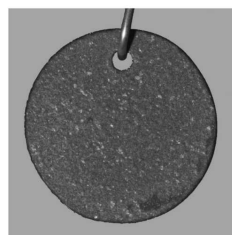
Obrazy powierzchni próbek stali zaworowych po procesie korozji w powietrzu i spalinach oleju napędowego z bio-dodatkiem

Air

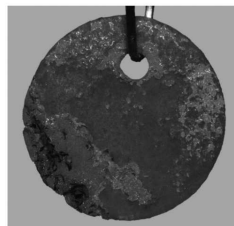
B5

B10

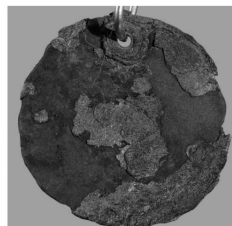
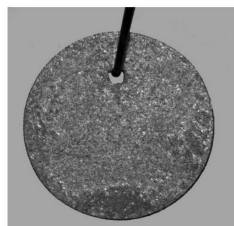
X33CrNiMn23-8



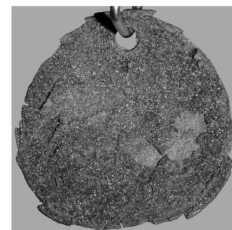
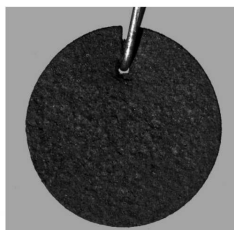
X50CrMnNiNbN21-9



X53CrMnNi20-8



X55CrMnNi20-8



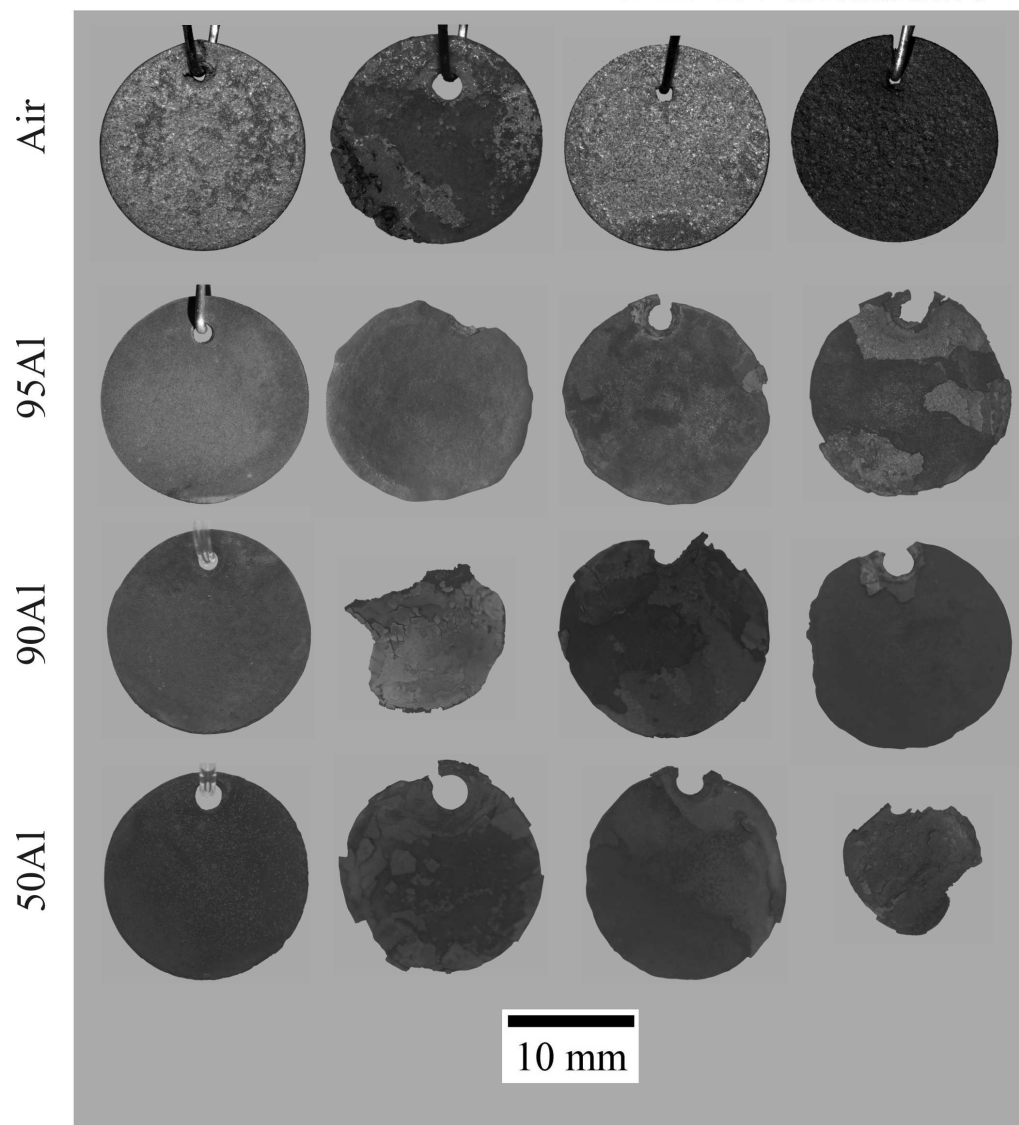
T = 1173K

10 mm

Obrazy powierzchni próbek stali zaworowych po procesie korozji w powietrzu i spalinach benzyny z bio-dodatkiem

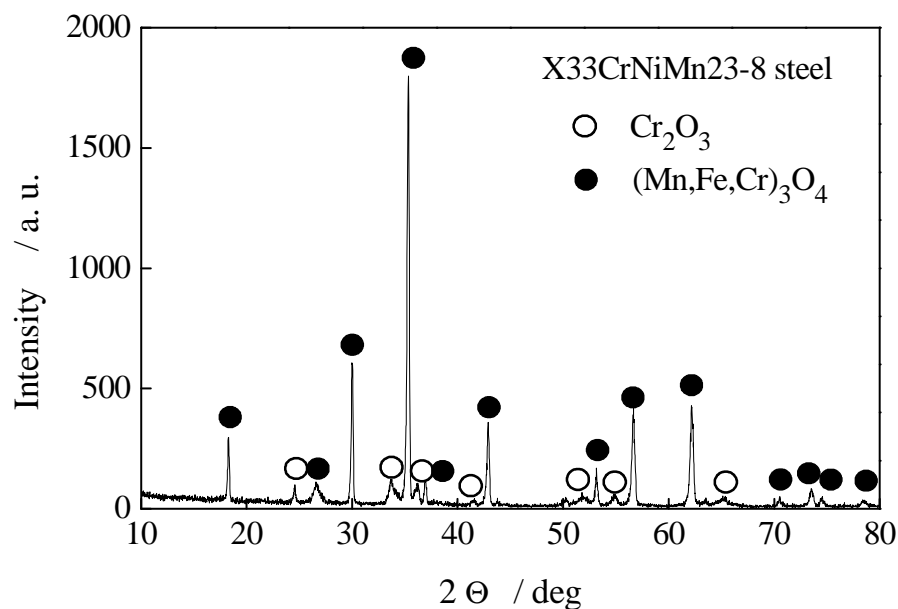


X33CrNiMn23-8 X50CrMnNiNbN21-9 X53CrMnNiN20-8 X55CrMnNiN20-8

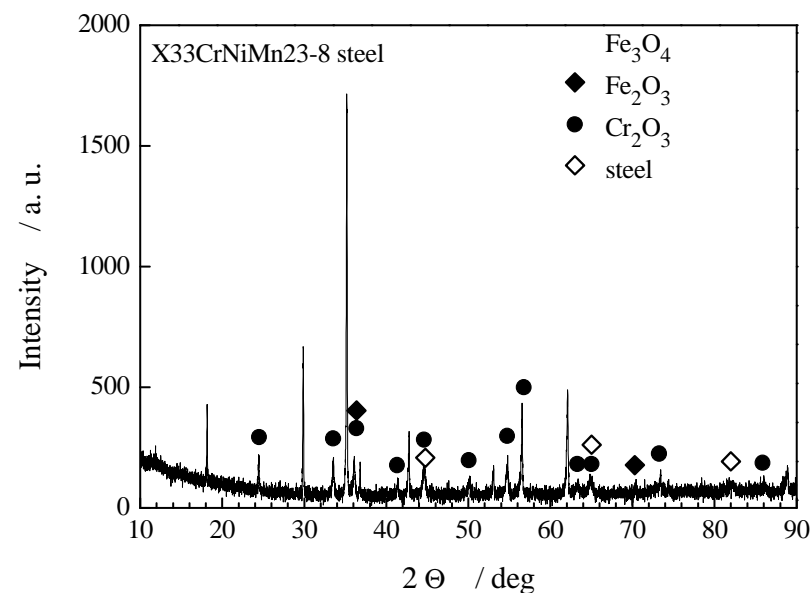


Skład fazowy zgorzelin powstających na stali X33CrNiMn23-8 w warunkach szoków termicznych (T = 1173 K)

a) po 50 cyklach

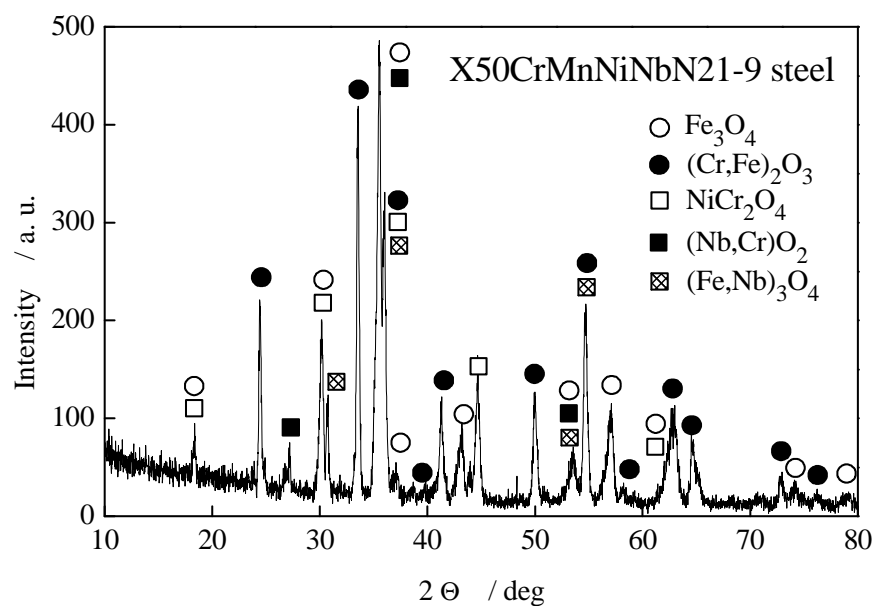


b) po 500 cyklach

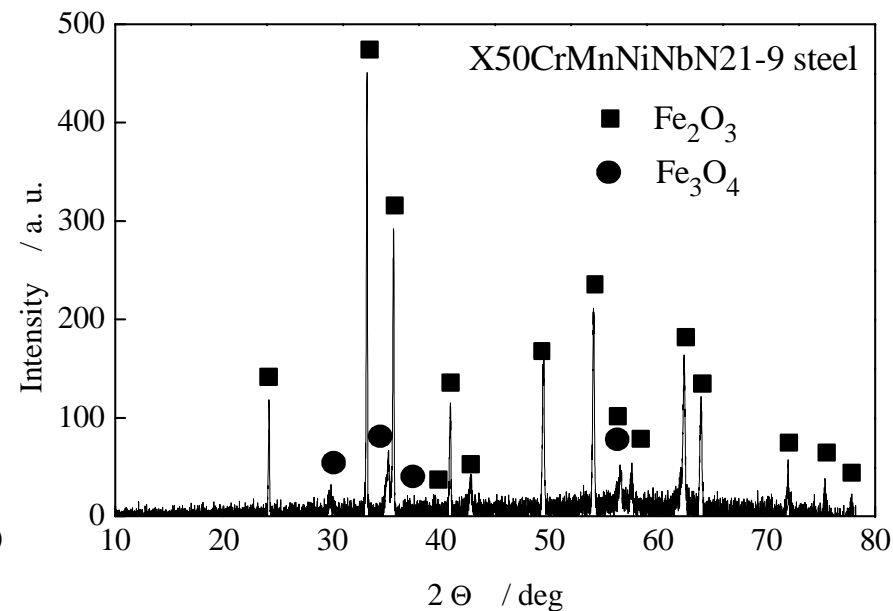


Skład fazowy zgorzelin powstających na stali X50CrMnNiNbN21-9 w warunkach szoków termicznych ($T = 1173$ K)

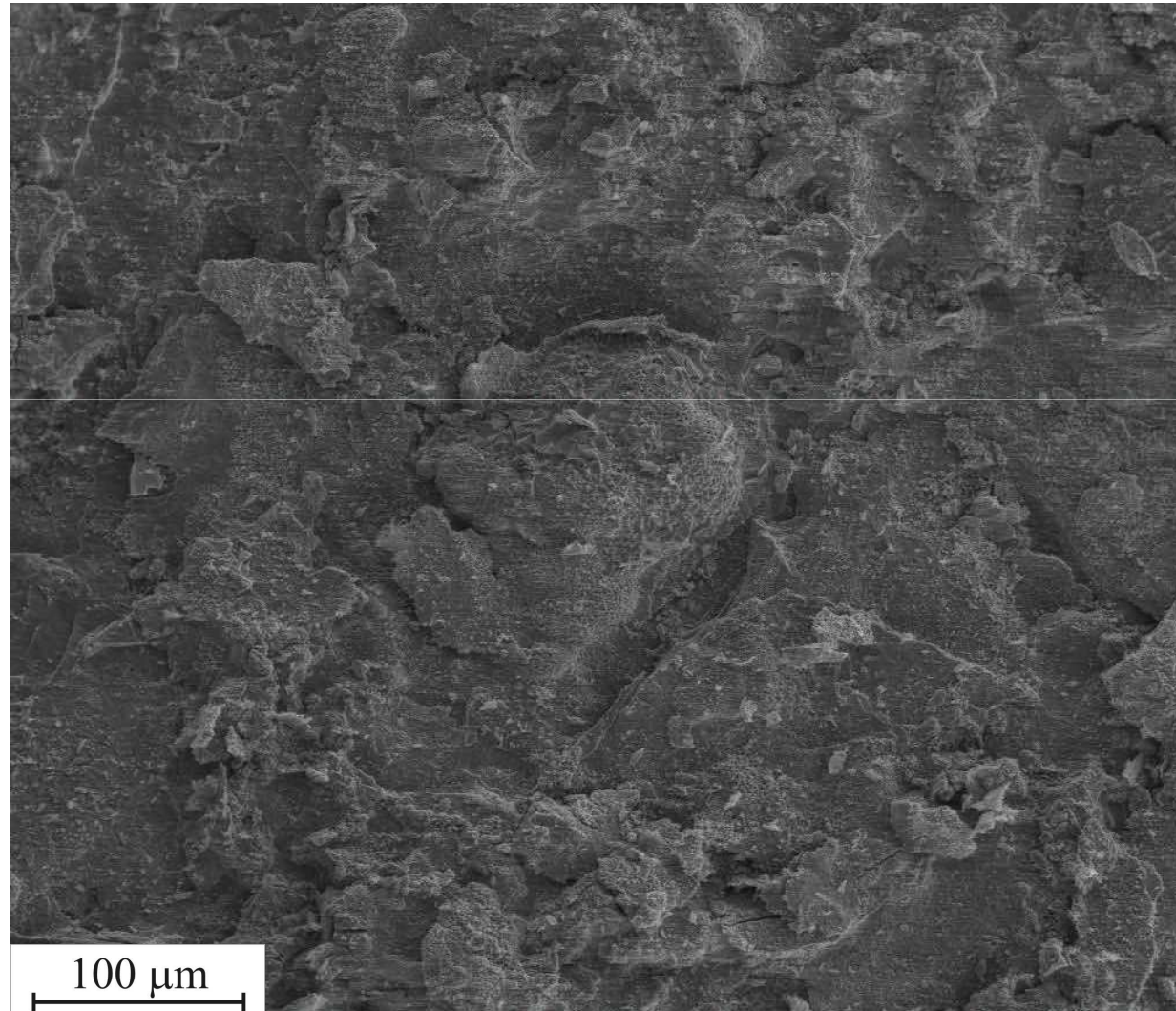
a) po 20 cyklach



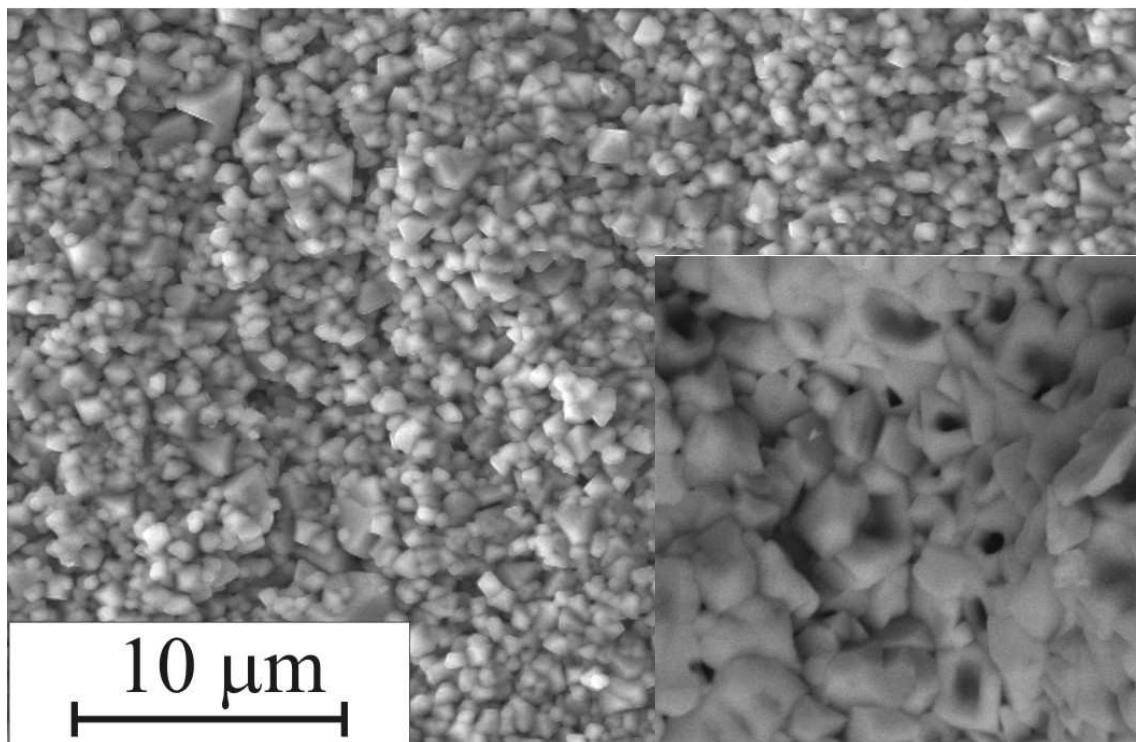
b) po 150 cyklach



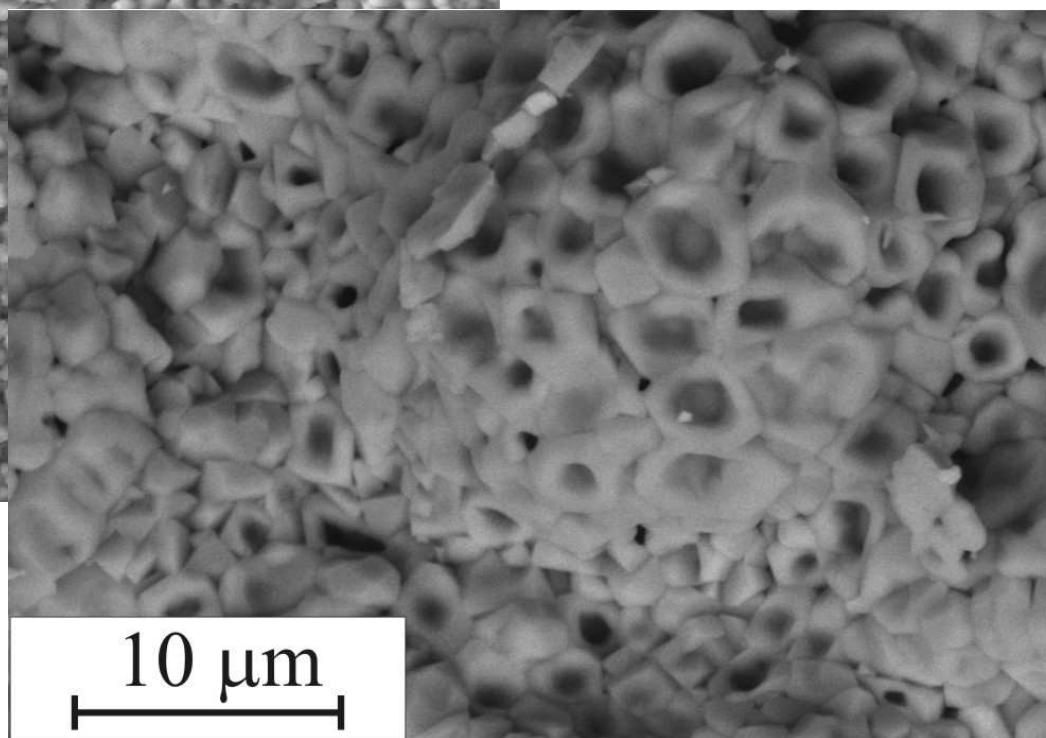
Obraz SEI zgorzeliny powstałej na stali
X50CrMnNiNbN21-9 w warunkach szoków termicznych
($T = 1173\text{ K}$) w spalinach B10



Obrazy SEI zgorzelin powstających na wybranych stalach zaworowych w warunkach szoków termicznych ($T = 1173 \text{ K}$) w spalinach B10



X33CrNiMn23-8



X50CrMnNiNbN21-9

Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdziły przypuszczenia, iż dodatek do oleju napędowego biokomponentów pogarsza odporność stosowanych aktualnie stali do wyrobu zaworów silnikowych na agresywne działanie spalin. Można więc sformułować wniosek, że podwyższenie zawartości biokomponentów w oleju napędowym z 5 do 10 % wag. wykluczyłoby praktycznie możliwość stosowania stali o mniejszej niż 23 % chromu do wyrobu zaworów. Stal X33CrNiMn23-8 mogłaby być w zasadzie używana do tego celu, jednakże należałoby rozważyć zastosowanie odpowiednich powłok ochronnych.



www.agh.edu.pl

KONIEC