



***Dr hab. inż. Józef Gruszka, prof. PP***

*Katedra Ergonomii i Inżynierii Jakości. Wydział Inżynierii Zarządzania Politechnika Poznańska*

# **Badania zdolności technologicznej procesu gładzenia tulei cylindrowych**

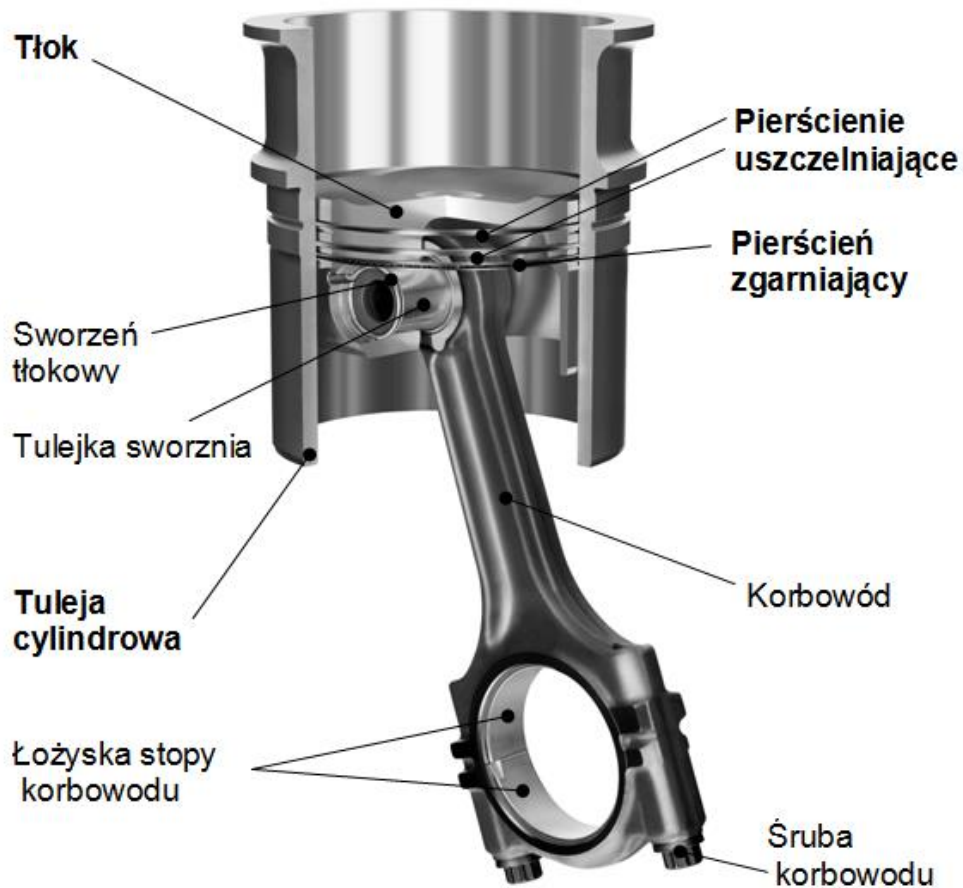
# PLAN PREZENTACJI

---

- 1. Wprowadzenie**
- 2. Stan wiedzy**
- 3. Określenie problemu badawczego**
- 4. Podstawy metodologiczne**
- 5. Charakterystyka modelu technologicznego**
- 6. Wyniki badań technologicznych**
- 8. Podsumowanie i wnioski końcowe**

## Układ TPC silnika spalinowego

## Podstawowe funkcje tulei cylindrowej

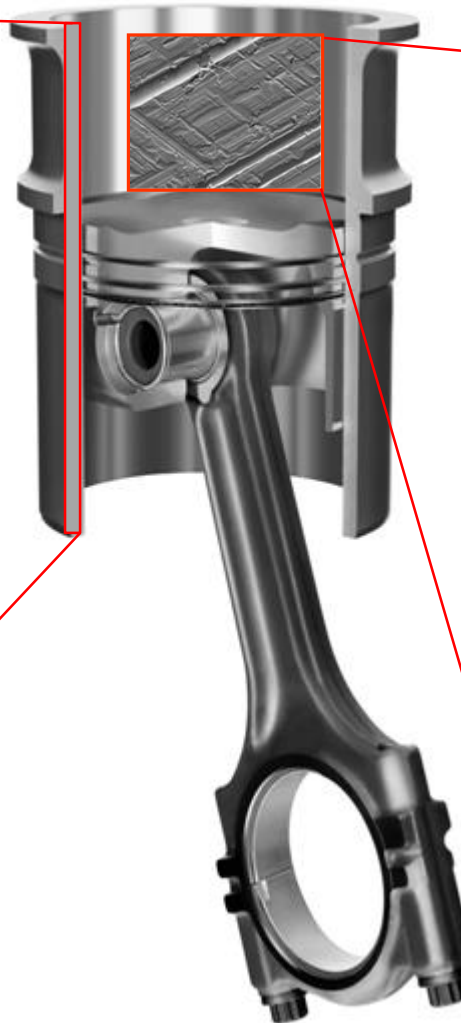


- uszczelnienie labiryntowe przestrzeni roboczej,
- zminimalizowanie strat tarcia i zużycia oleju,
- prowadzenie tłoka i pierścieni tłokowych,
- odprowadzenie ciepła,
- przeniesienie zmiennych obciążeń mechaniczno-termicznych.

## Materiał tulei

### Parametry

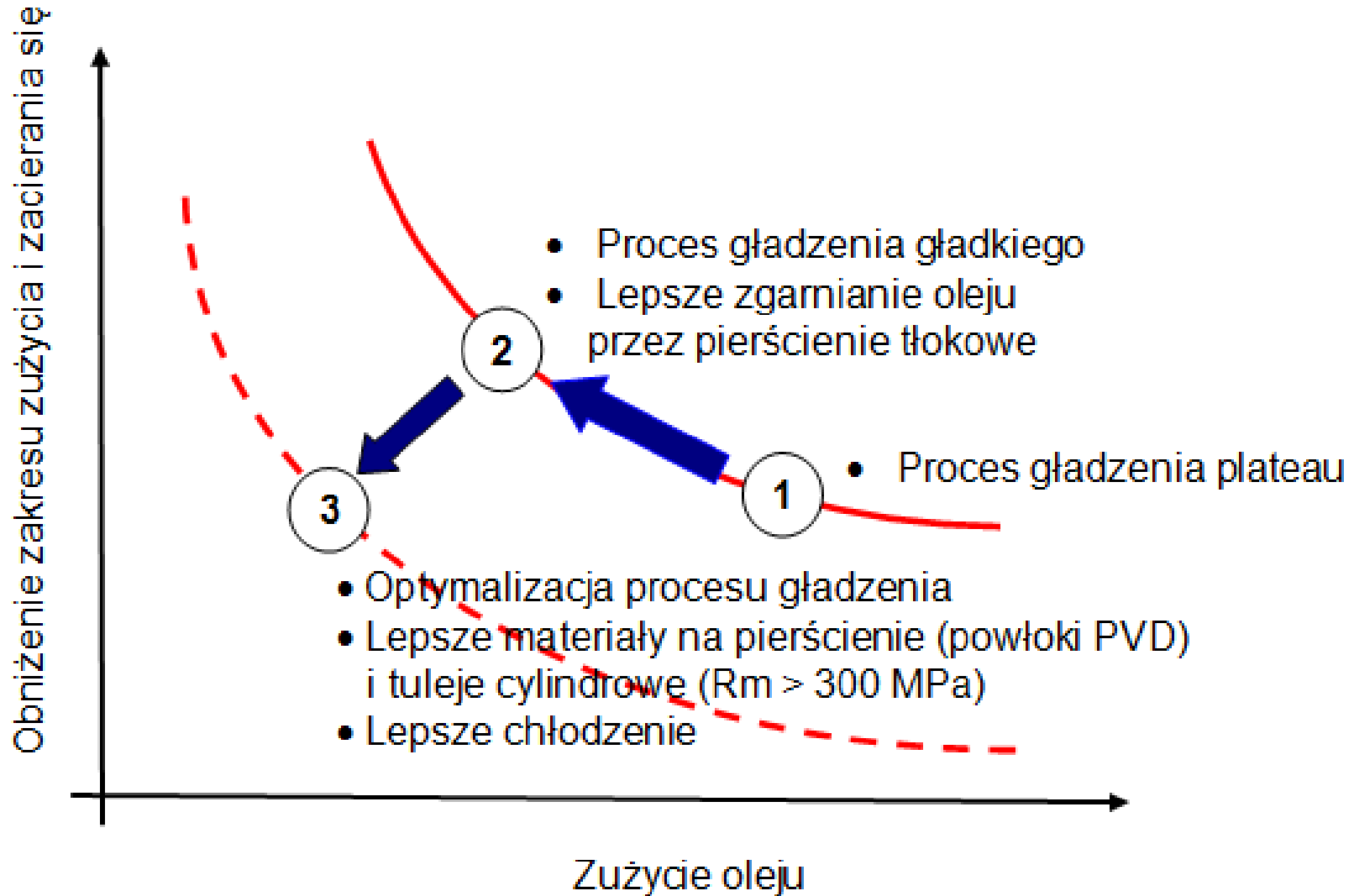
- Skład chemiczny
- Doraźna granica wytrzymałości na rozciąganie
- Twardość
- Mikrostruktura



## Struktura geometryczna powierzchni otworu

### Parametry

- Błędy kształtu
- Kąt gładzenia
- Ukształtowanie rys
- Głębokość deformacji
- Chropowatość powierzchni
- Czystość powierzchni



Wariant	Ilość stopni gładzenia			Rodzaj narzędzi stosowanych w procesie gładzenia								
	2	3	4	Diament i /lub Ceramika					Szczotki	Ciecz + SiC/FG	Laser	
				ND	MD	SiC	SGG	NQG			Nacięcie rys	Hartowanie
1	Gładzenie normalne (dwustopniowe)											
2	Gładzenie plateau standardowe											
3	Gładzenie plateau gładkie											
4	Gładzenie plateau spiralne											
5	Gładzenie plateau spiralne gładkie											
6	Gładzenie plateau z nacięciem zasobników olejowych laserem											
7	Gładzenie plateau z hartowaniem powierzchni laserem											

Oznaczenia:

ND - ziarno diament naturalny

MD - ziarno diament syntetyczny

SiC - ziarno węgiel krzemu

SGG - ziarno kubitron

NQG - ziarno Norton Quantum

FG - gładzenie strumieniem cieczy z ziarnem diamentowym

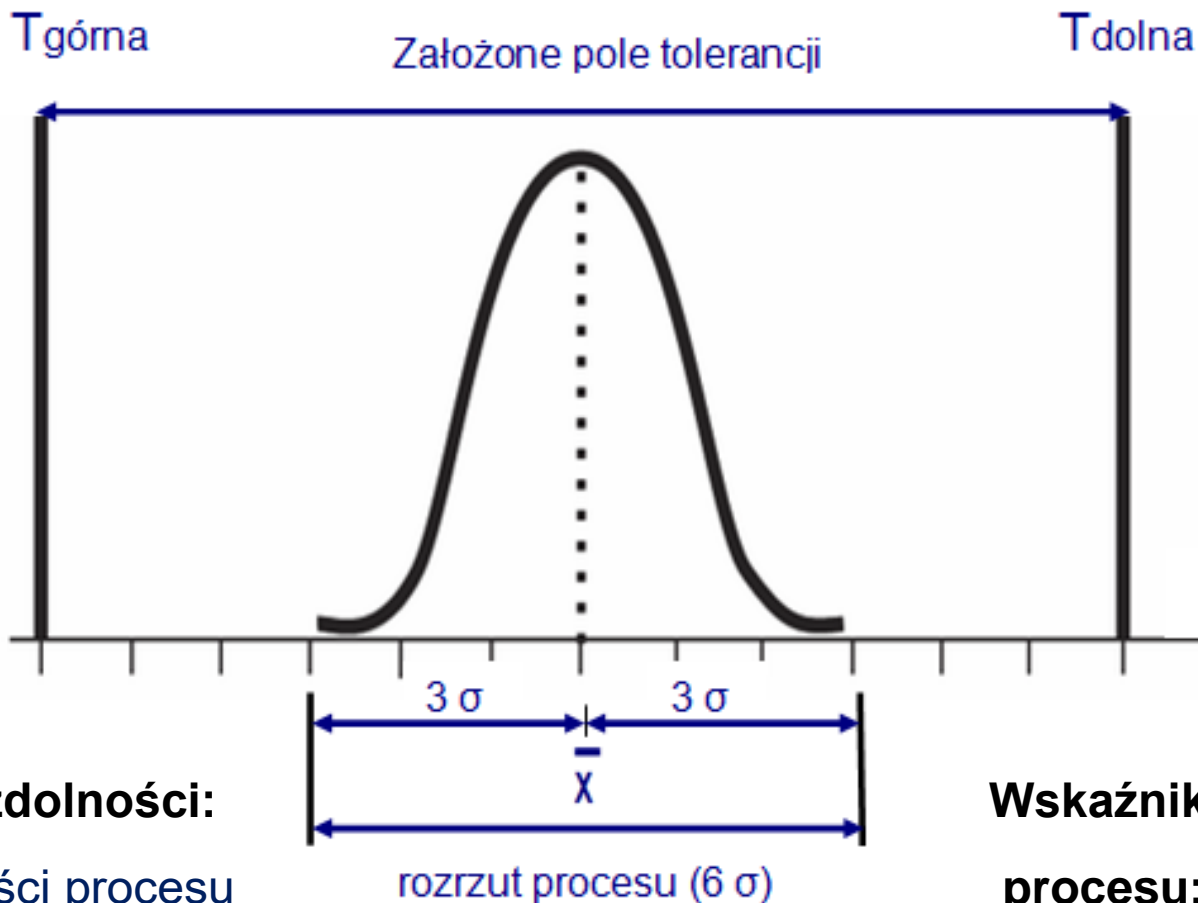
## PYTANIE BADAWCZE

- W jaki sposób opisać modele technologiczne dla nowych rozwiązań procesu gładzenia struktury warstwy powierzchniowej gładzi tulei cylindrowych celem przeprowadzenia badań zdolności jakościowej procesów technologicznych?

## OCZEKIWANY REZULTAT

- Nowe rozwiązania technologiczne procesu gładzenia struktury warstwy powierzchniowej gładzi tulei cylindrowych pozwalają na spełnienie kryteriów wymagań środowiskowych silników spalinowych ?

# Model badania zdolności technologicznej procesu giądzenia



Wskaźniki zdolności:

**C<sub>p</sub>** – zdolności procesu

**C<sub>pk</sub>** – wycentrowania procesu

**Warunek zdolności**

**C<sub>p</sub> ≥ 1**

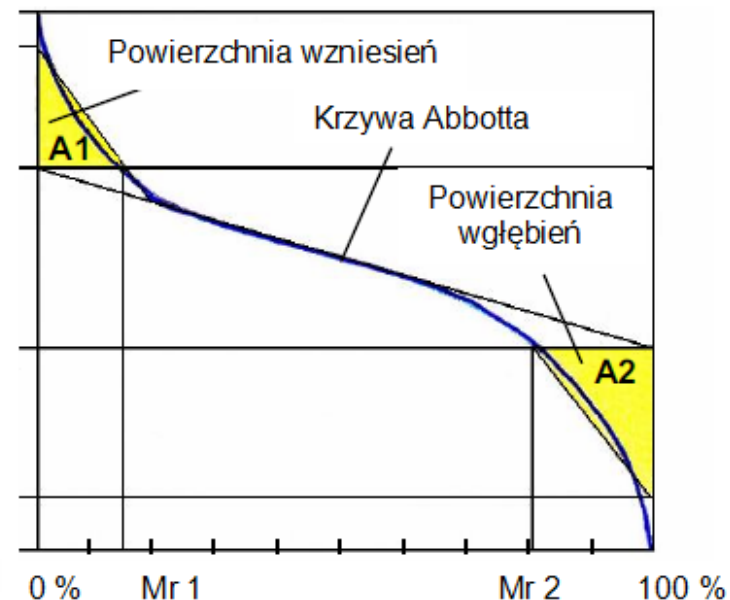
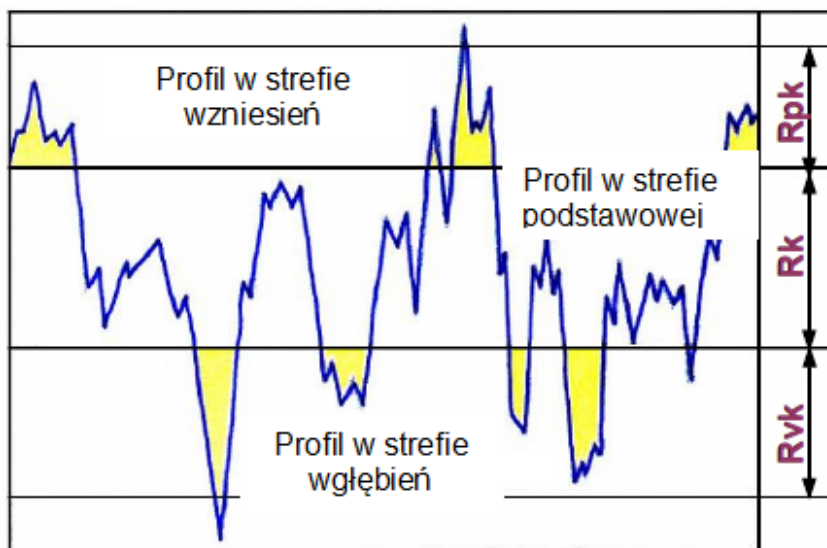
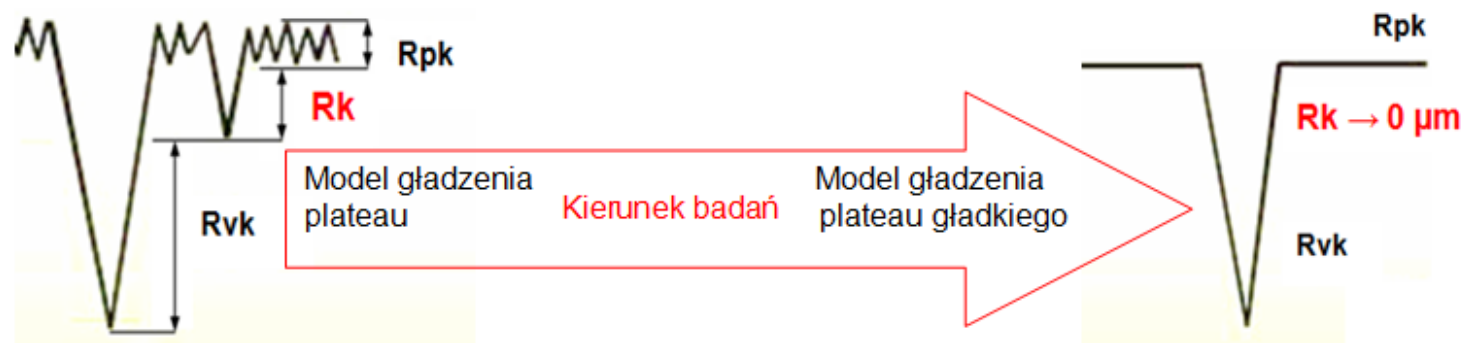
**C<sub>pk</sub> ≥ 1**

Wskaźnik wadliwości procesu:

**PPM** (parts per million-liczba wad na milion)



# Charakterystyka modelu technologicznego kształtowania struktury geometrycznej 17



Oznaczenia parametrów :

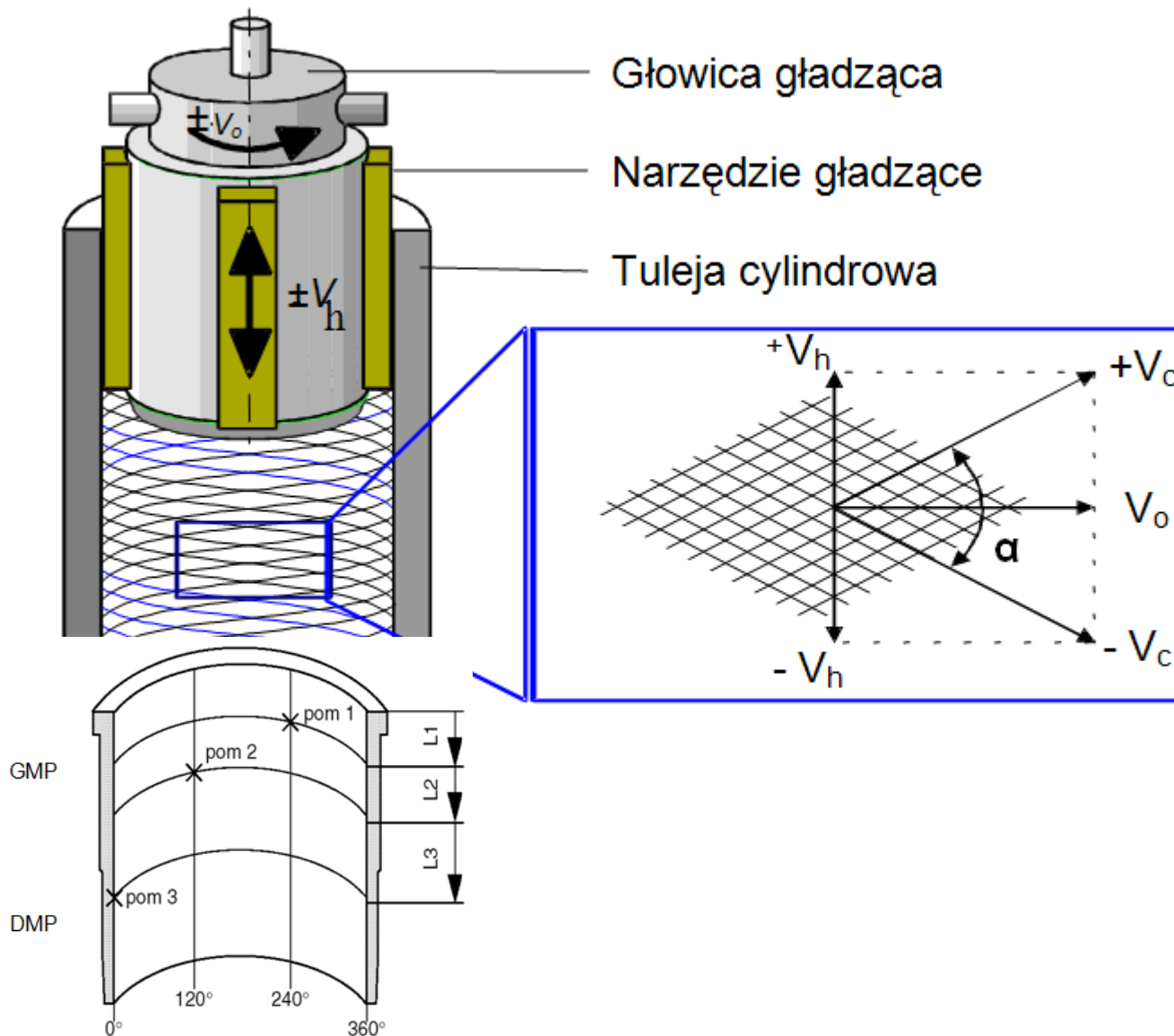
$R_{vk}$  [ $\mu m$ ] – zredukowana wysokość wzniesień określa strefę powierzchni nośnej dla pierścieni tłokowych

$R_k$  [ $\mu m$ ] – głębokość rdzenia chropowatości określa strefę efektywnej pracy eksploatacyjnej powierzchni

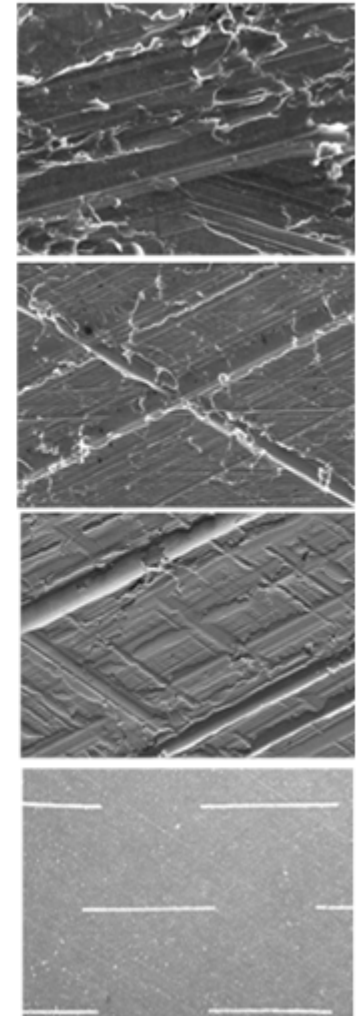
$R_{vk}$  [ $\mu m$ ] – zredukowana głębokość wgłębień określa strefę powierzchni utrzymującą olej

Mr 1, Mr 2 [%] – procentowy udział materiału w strefie powierzchni wzniesień (Mr 1) i strefie powierzchni wgłębień (Mr 2).

# Schemat procesu gładzenia



## Warianty gładzenia



## MATERIAŁ TULEI

### Skład chemiczny

- spektrometria emisyjna ze wzbudzeniem widma emisyjnego próbki
- metoda spalania próbki w strumieniu czystego tlenu/helu i powietrza z wykorzystaniem detektora absorpcji w podczerwieni

### Twardość

- metoda Brinella

### Wytrzymałość

- próba rozciągania

### Struktura

- obserwacja mikroskopowa

## STRUKTURA GEOMETRYCZNA

### Kształt otworu gładzi

- pomiar metodą bezodniesieniową w biegunowym układzie współrzędnych

### Powierzchnia gładzi

- kąt gładzenia – obserwacja systemem wizyjnym
- układ rys + głębokość deformacji obserwacja mikroskopowa
- chropowatość - pomiar stykowy metoda profilowa
- czystość – metoda ekstrakcji

# Zadanie cząstkowe

## Wyniki badań struktury geometrycznej żeliwnych tulei

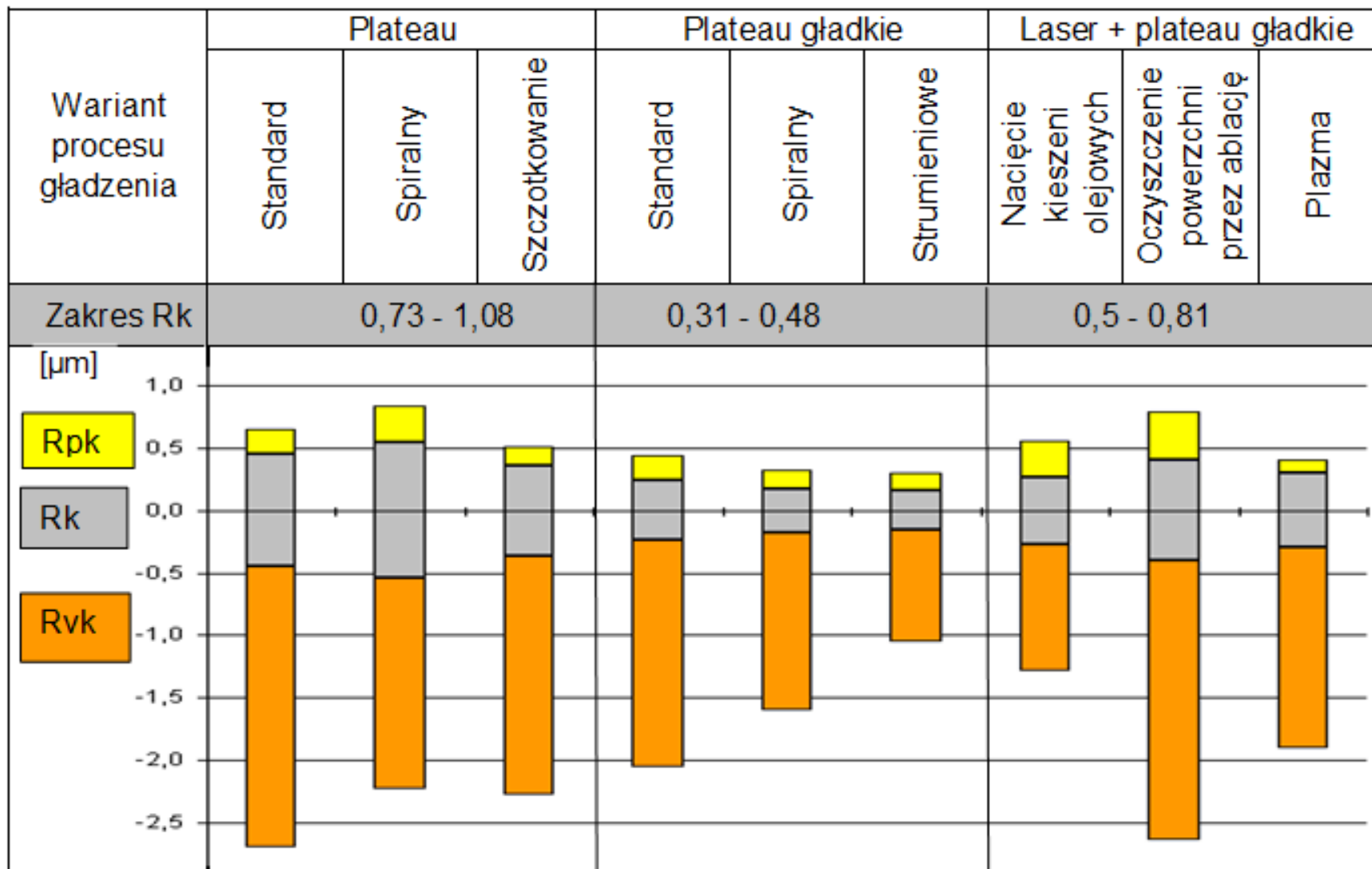
Region	Ameryka			Europa											Japonia						
Producent silnika	RVI/Mack	Caterpillar	DDC	IVECO			DC	Scania	RVI		VOLVO	Libherr	MAN	Deutz	DAF	Hino		Nissan	Mitsubishi	Isuzu	
∅ [mm]	124	137	130	115	125	145	128	127	102	123	131	122	128	132	130	114	135	136	118	115	147
○ [μm]	10																	7	10		
— [μm]	10													20	15						
⊘ [μm]	5										10	5									
∠ α [°]	38	50	40	30	60	38	58	60	52	48	50	60	57	55	55	28	38	44	38	26	28

The chart displays the following data for Rpk, Rk, and Rvk (in μm) for each manufacturer:

Manufacturer	Rvk [μm]	Rk [μm]	Rpk [μm]
RVI/Mack	-1.5	0.5	0.5
Caterpillar	-2.2	0.5	0.5
DDC	-3.2	1.2	0.8
IVECO 115	-1.5	0.2	0.1
IVECO 125	-1.2	0.1	0.1
IVECO 145	-2.8	1.8	2.5
DC	-2.2	0.2	0.1
Scania	-2.5	0.2	0.1
RVI 102	-1.8	0.2	0.1
RVI 123	-1.2	0.1	0.1
VOLVO	-3.5	2.2	1.2
Libherr	-1.5	0.2	0.5
MAN	-1.5	0.8	0.5
Deutz	-3.5	1.5	0.2
DAF	-2.8	0.5	0.2
Hino 114	-1.2	0.2	0.1
Hino 135	-1.2	0.2	0.2
Nissan	-0.8	0.2	0.1
Mitsubishi	-1.2	0.2	0.3
Isuzu 115	-1.2	0.2	0.1
Isuzu 147	-0.8	0.2	0.1

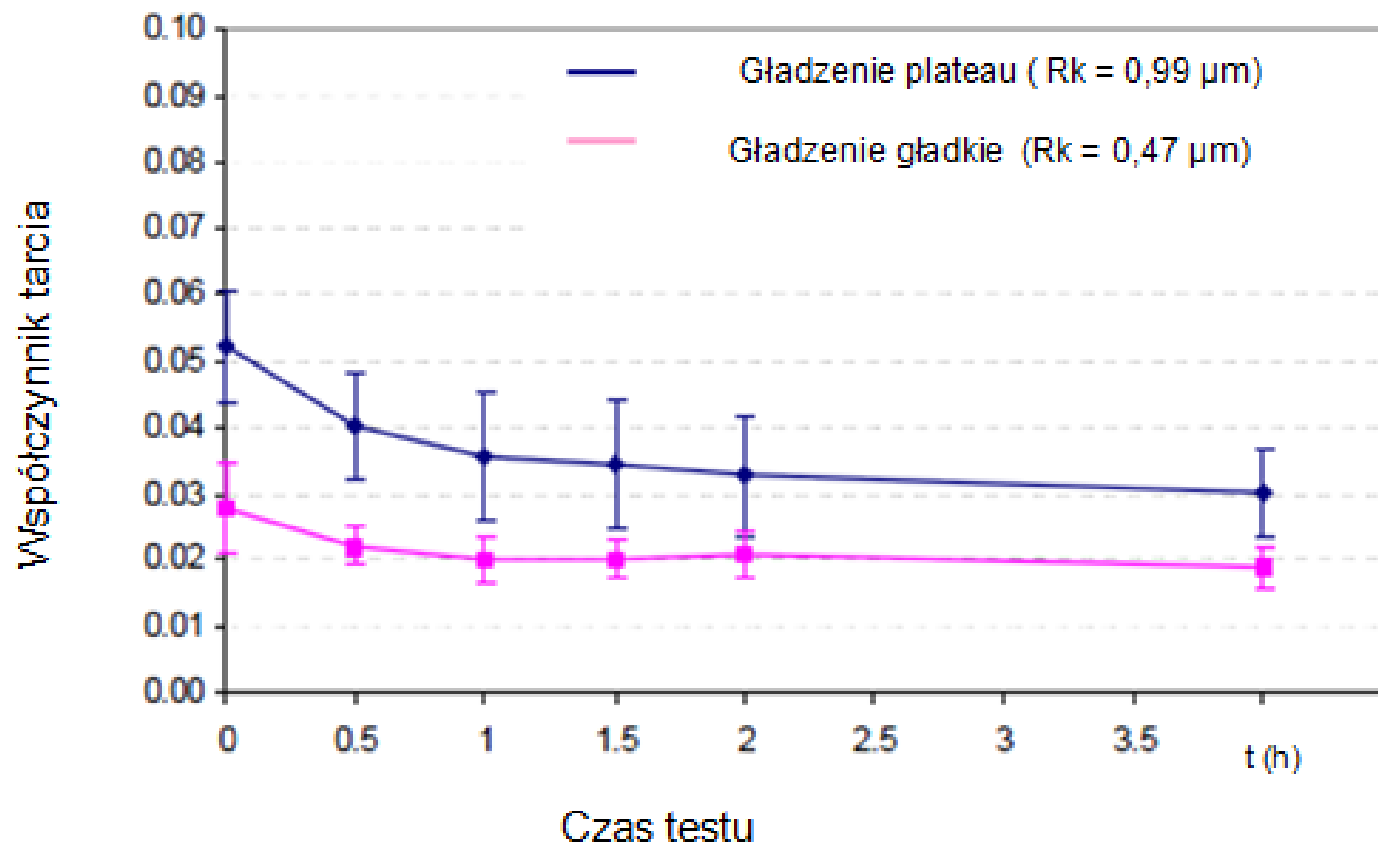
## Wyniki badań wariantów procesu gładzenia wraz z analizą parametru Rk (max → min)



# Wyniki badań zdolności technologicznej procesu gładzenia

Parametr	Zakres parametru Rk [ $\mu\text{m}$ ]				
	Rk = 0,15 - 0,65	Rk = 0,25 - 0,75	Rk = 0,4 - 1,0	Rk = 0,5 - 1,2	Rk = 0,8 - 1,4
$\bar{x}$ (Rk)	0,41	0,59	0,65	0,84	1,08
Cp	1,31	1,39	1,42	1,28	1,5
Cpk	1,12	1,09	1,21	1,04	1,33
PPM	900	1140	290	2000	63

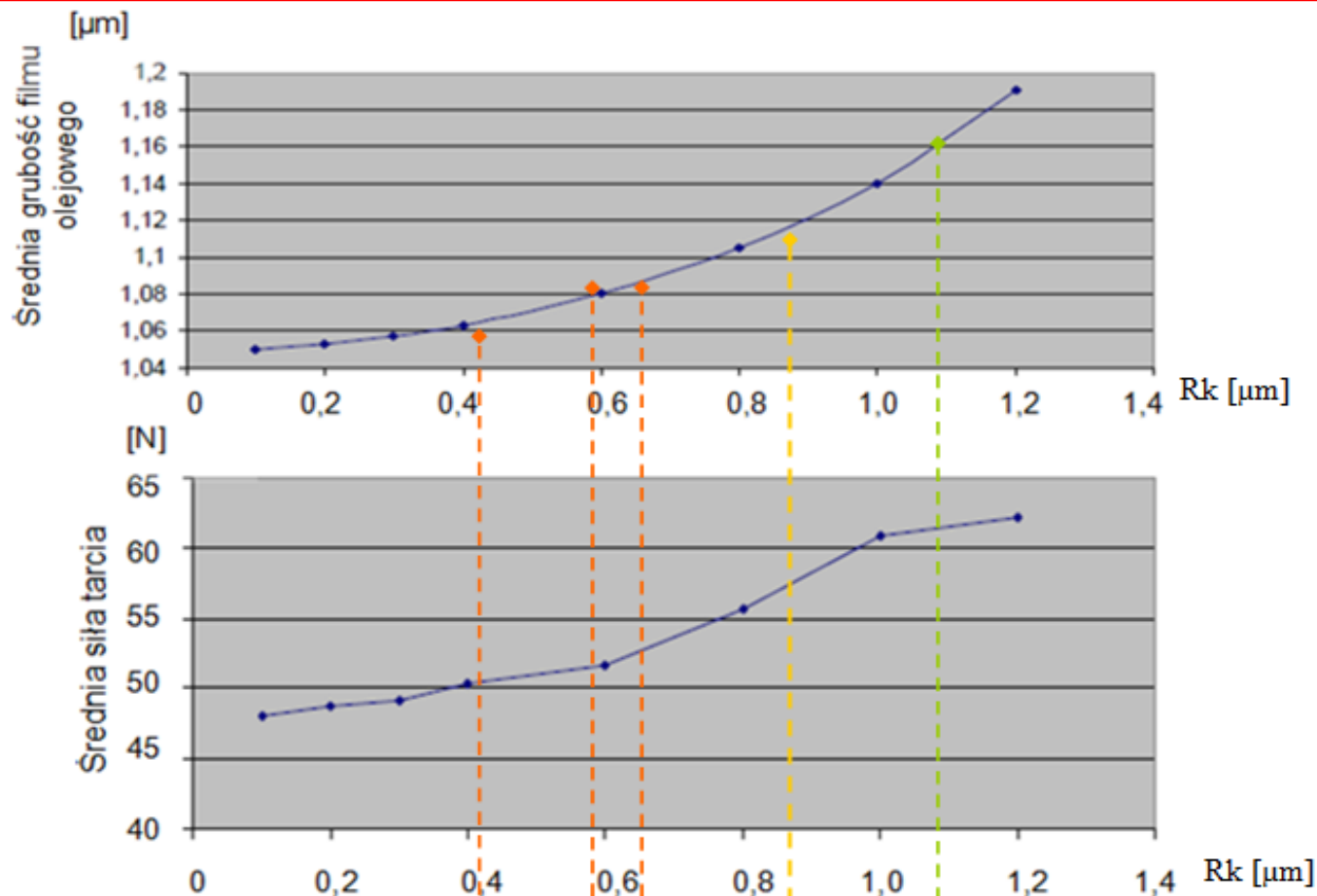
Wyniki z badań Tomanik E.: Friction and wear bench tests of different engine liner surface Finishes. Tribology International 41 (2008) 1032-1038 [192]



Próbki do badań pobrano z tulei cylindrowej  $\varnothing 131$  mm oraz z I pierścienia tłokowego uszczelniającego silnika HDD powłoka PVD CrN ( $R_k \leq 0,1 \mu\text{m}$ )

## Wyniki badań

Johansson S., Nilsson P.H.,  
 Ohlsson R., Anderberg C.,  
 Rosen B.G.:  
 New cylinder liner surfaces  
 for low oil consumption.  
 Tribology International 41,  
 2008, [74]



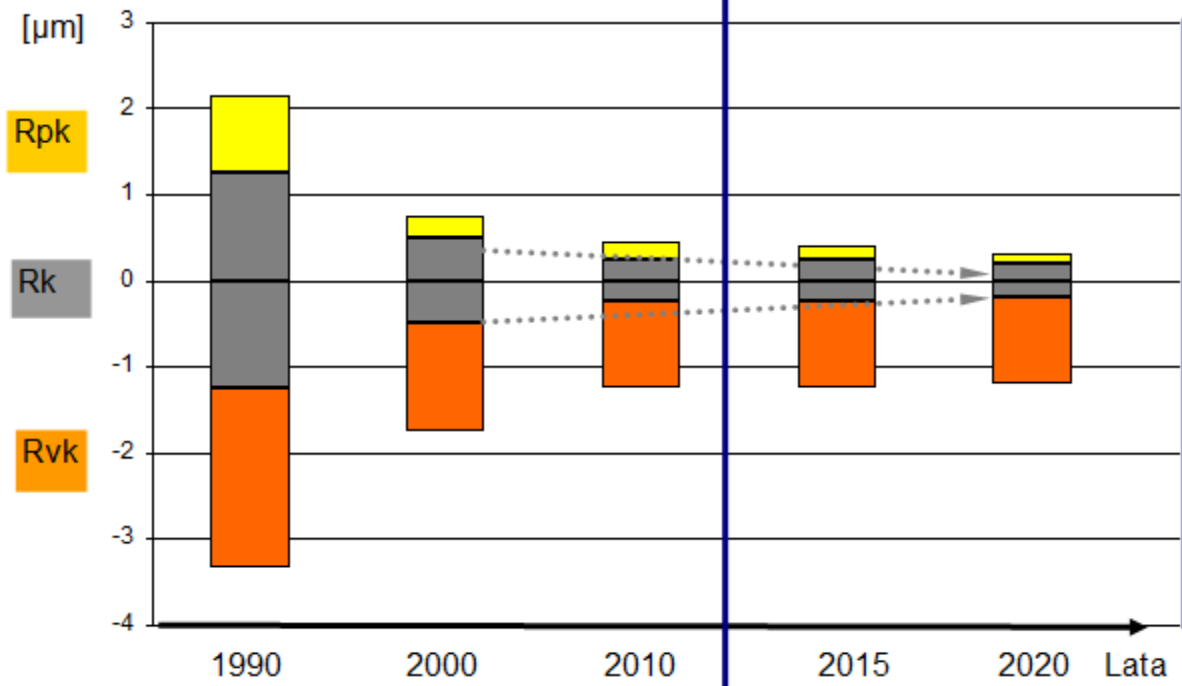
## Wyniki badań

zdolności

technologicznej

Typ silnika	DH12BUS	MD 13	D12D, MD13	Zakres emisji
Zakres $R_k$ [ $\mu\text{m}$ ]	Wartość średnia $R_k$			
$R_k = 0,15 - 0,65$	0,41			EU 5
$R_k = 0,25 - 0,75$		0,59		EU 5
$R_k = 0,4 - 1,0$		0,65		EU 5i
$R_k = 0,5 - 1,2$			0,84	EU4, US7
$R_k = 0,8 - 1,4$			1,08	EU3, US04



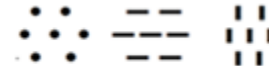


## PROCES GŁADZENIA GŁADKIEGO

### Powierzchnie żeliwnych tulei cylindrowej

- parametr  $R_k \rightarrow 0 \mu m$
- optymalizacja procesu  $C_{pk} > 1,33$
- struktury laserowe

- zasobniki lejowe w strefie GMP



- proces ablacji laserowej
- proces ablacji z hartowaniem powierzchniowym w osłonie np. azotu

### Powierzchnie powłok stalowych tulei cylindrowych

- optymalizacja procesu gładzenia dla pokryć powierzchni powłoką
- azotowaną/azotonasiarczaną
- Fe, FeCr, FeCrMo...



# Badania zdolności technologicznej procesu gładzenia tulei cylindrowych

**Dziękuję za uwagę**

***Dr hab. inż. Józef Gruszka, prof. PP***

*Katedra Ergonomii i Inżynierii Jakości. Wydział Inżynierii Zarządzania Politechnika Poznańska*