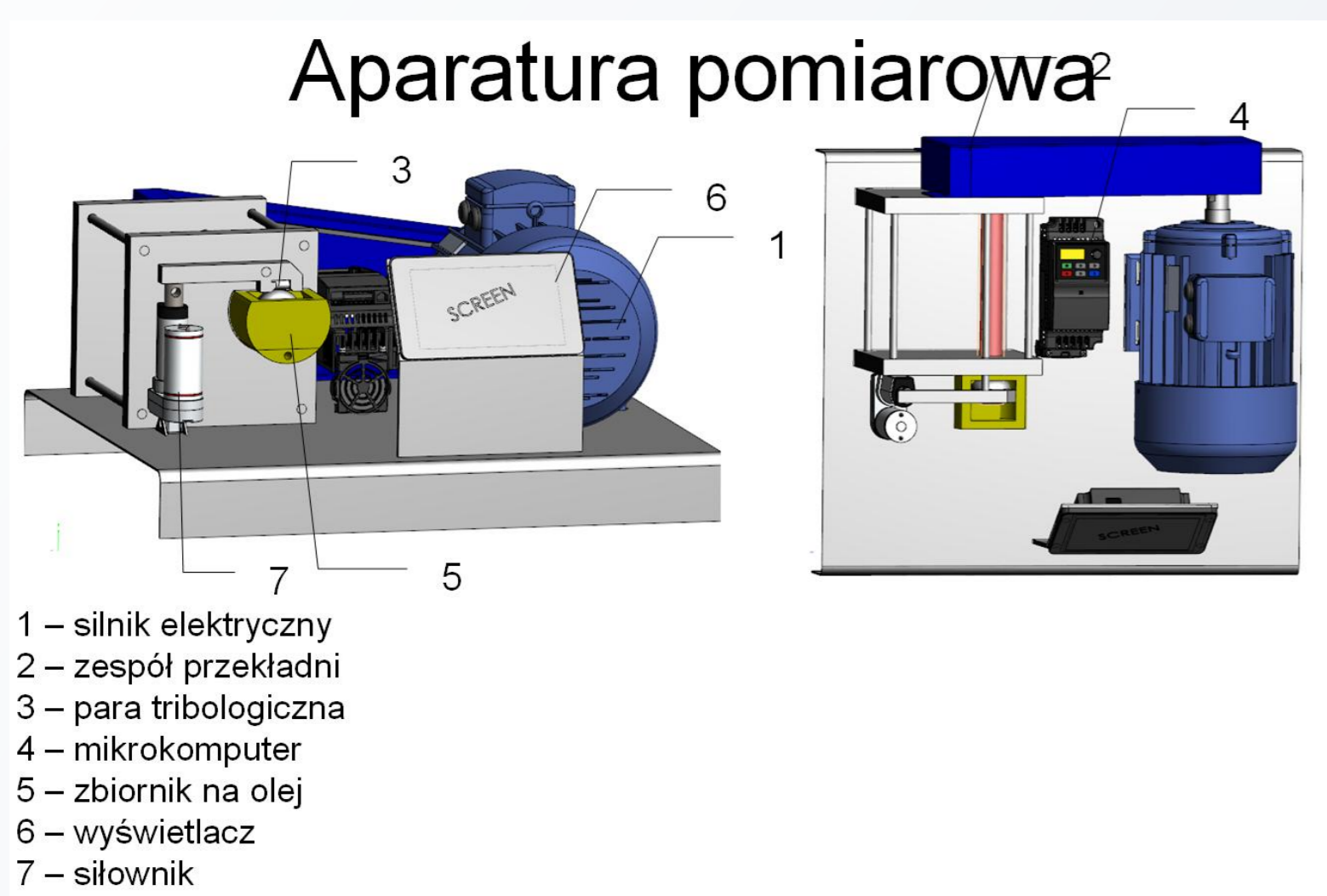
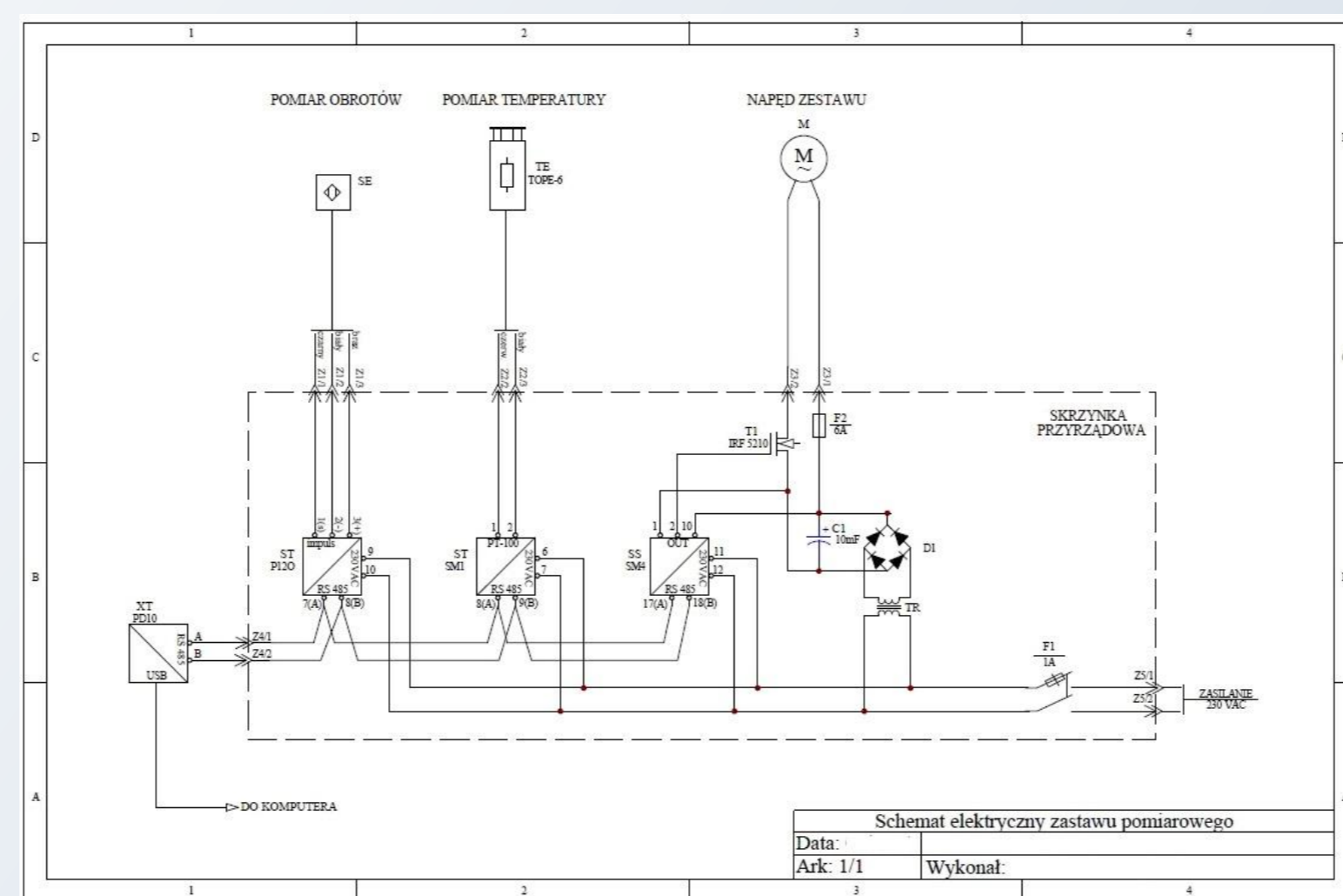


Wprowadzenie

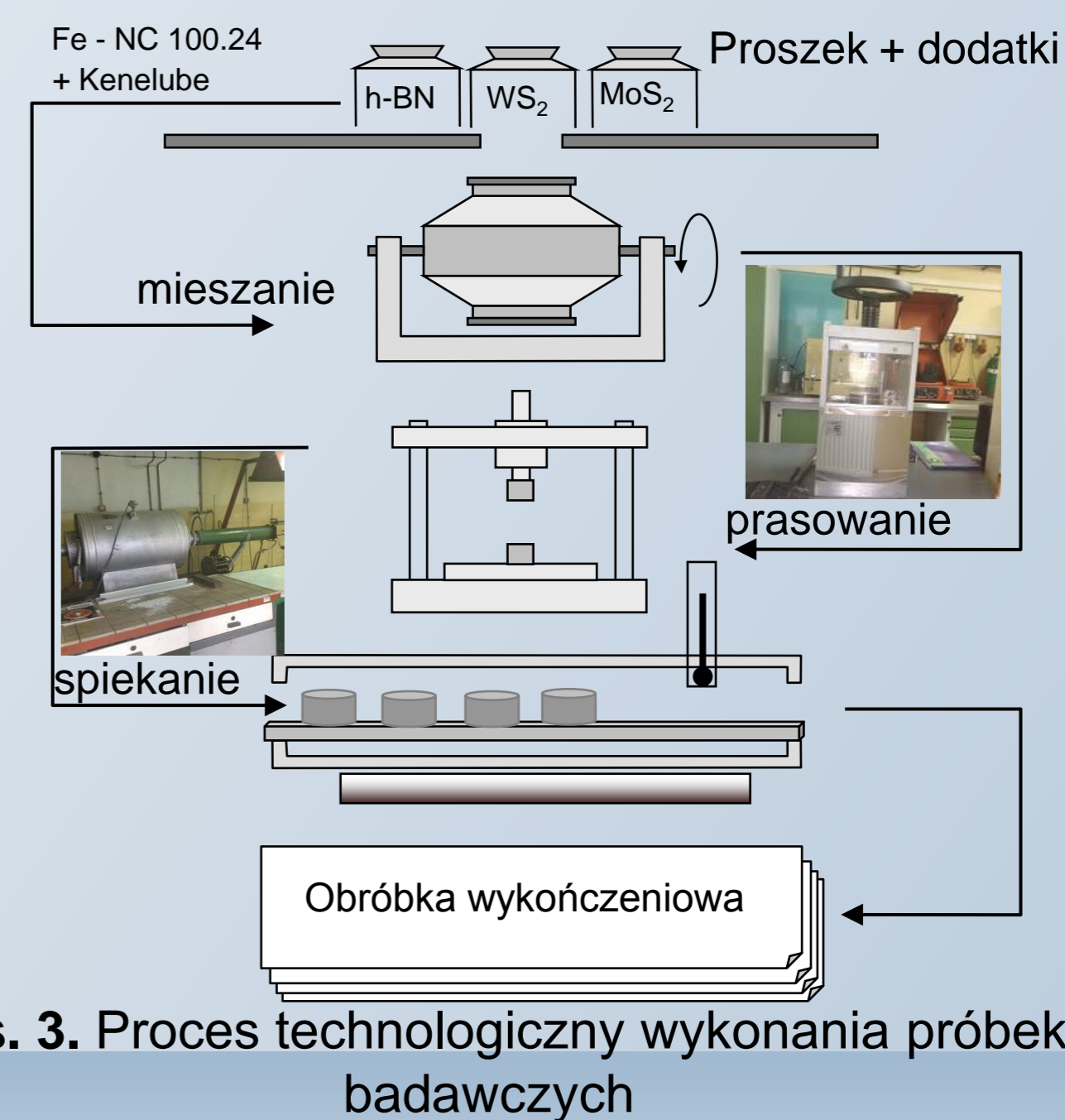
Projekt związany jest z opracowaniem stanowiska badawczego do przeprowadzenia badań tribologicznych materiałów smarowych oraz elementów trących. Tribologiczne Urządzenie Badawcze TUB-1 zostanie między innymi wykorzystane do opracowania nowej generacji nano-oleju smarowego, na bazie oleju syntetycznego bądź mineralnego, z dodatkami nano-materiałów: heksagonalnego azotku boru (h-BN), dwusiarczku molibdenu MoS₂, dwusiarczku wolframu WS₂. Zakres prac obejmował: zaprojektowanie i wykonanie prototypowego urządzenia pomiarowego, wykonanie próbek badawczych, przeprowadzenie badań porównawczych na dostępnych urządzeniach badawczych, a następnie porównanie z wynikami uzyskiwanymi na TUB-1.



Rys. 1. Urządzenie badawcze TUB-1



Rys. 2. Schemat elektryczny urządzenia badawczego TUB-1



Rys. 3. Proces technologiczny wykonania próbek badawczych

Materialy i metoda

W projekcie urządzenia TUB-1, do jego wykonania zastosowano ogólnodostępne materiały konstrukcyjne. Do sterowania wykorzystano mikrokomputer Raspberry Pi III, bądź alternatywnie Arduino Mega 25600, które współpracując z elementami wykonawczymi takimi jak: falownik, sterownik silnika krokowego, siłownik elektryczny oraz różnymi czujnikami (w tym czujnikiem nacisku, obrotu lub temperatury), pozwala na pełną automatyzację pomiarów. Pomiaru wyświetlane są na monitorze i jednocześnie aktywizowane na kartach pamięci mikrokomputera. Zaprojektowano też możliwość pomiaru w zakresie różnych temperatur.

Do przeprowadzenia badań porównawczych wykonane zostały w technologii proszków spiekanych próbki badawcze, do przygotowania których wykorzystano proszek żelaza NC 100.24, heksagonalny azotek boru (h-BN), dwusiarczek molibdenu (MoS₂) oraz dwusiarczek wolframu (WS₂).

Rodzaj dodatku	porowatość	dodatek w % ilości wagowej				Ilość
		0%	0,5%	2,5%	5%	
HBN 0,5 micro	~15,5%	6	6	6	6	24
	~27,8%	6	6	6	6	24
HBN 1,5 micro	~15,5%	6	6	6	6	24
	~27,8%	6	6	6	6	24
MoS ₂ 1,5 micro	~15,5%	6	6	6	6	24
	~27,8%	6	6	6	6	24
WS ₂ 0,6 micro	~15,5%	6	6	6	6	24
	~27,8%	6	6	6	6	24
Grafit 1,5 micro	~15,5%	6	6	6	6	24
	~27,8%	6	6	6	6	24
bez dodatków		60	z dodatkami			180
			Łącznie			240

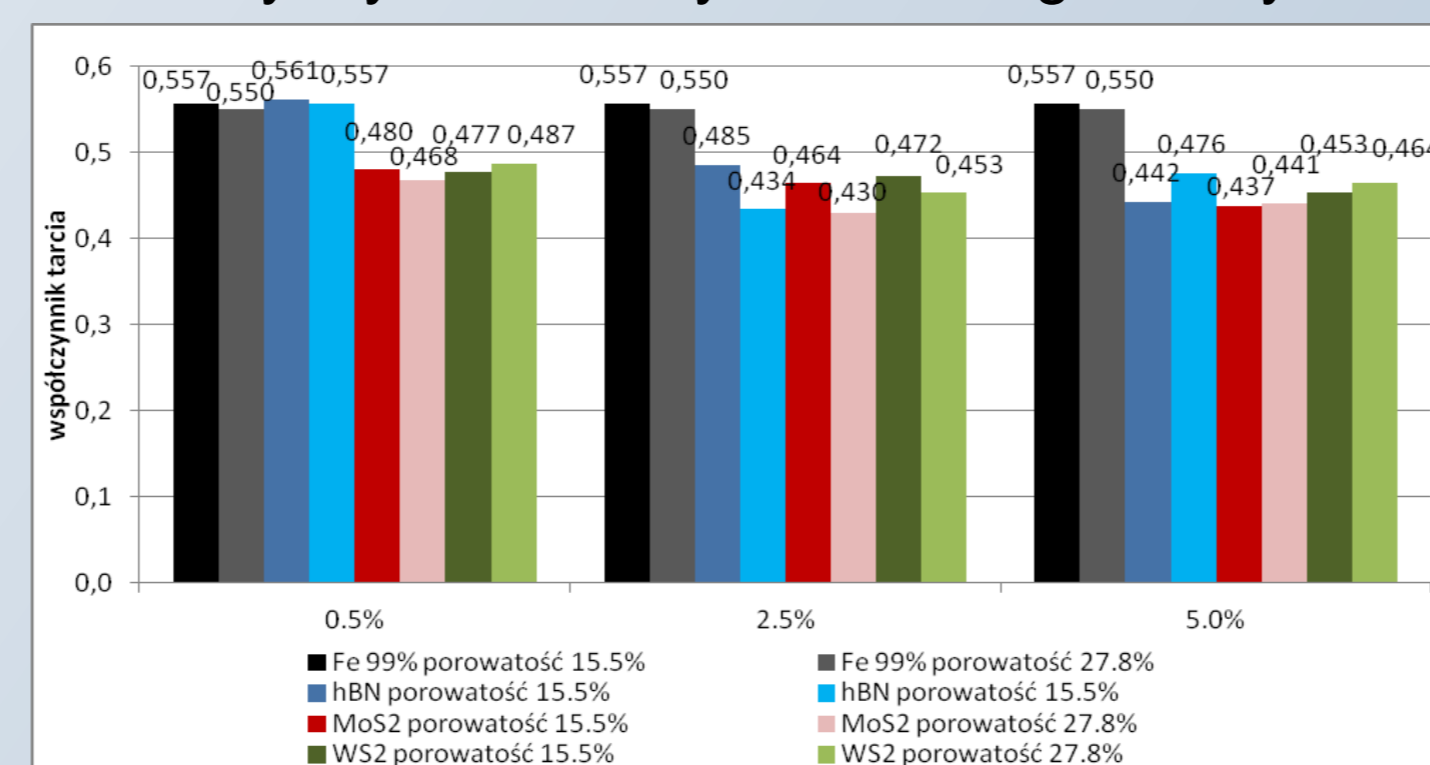
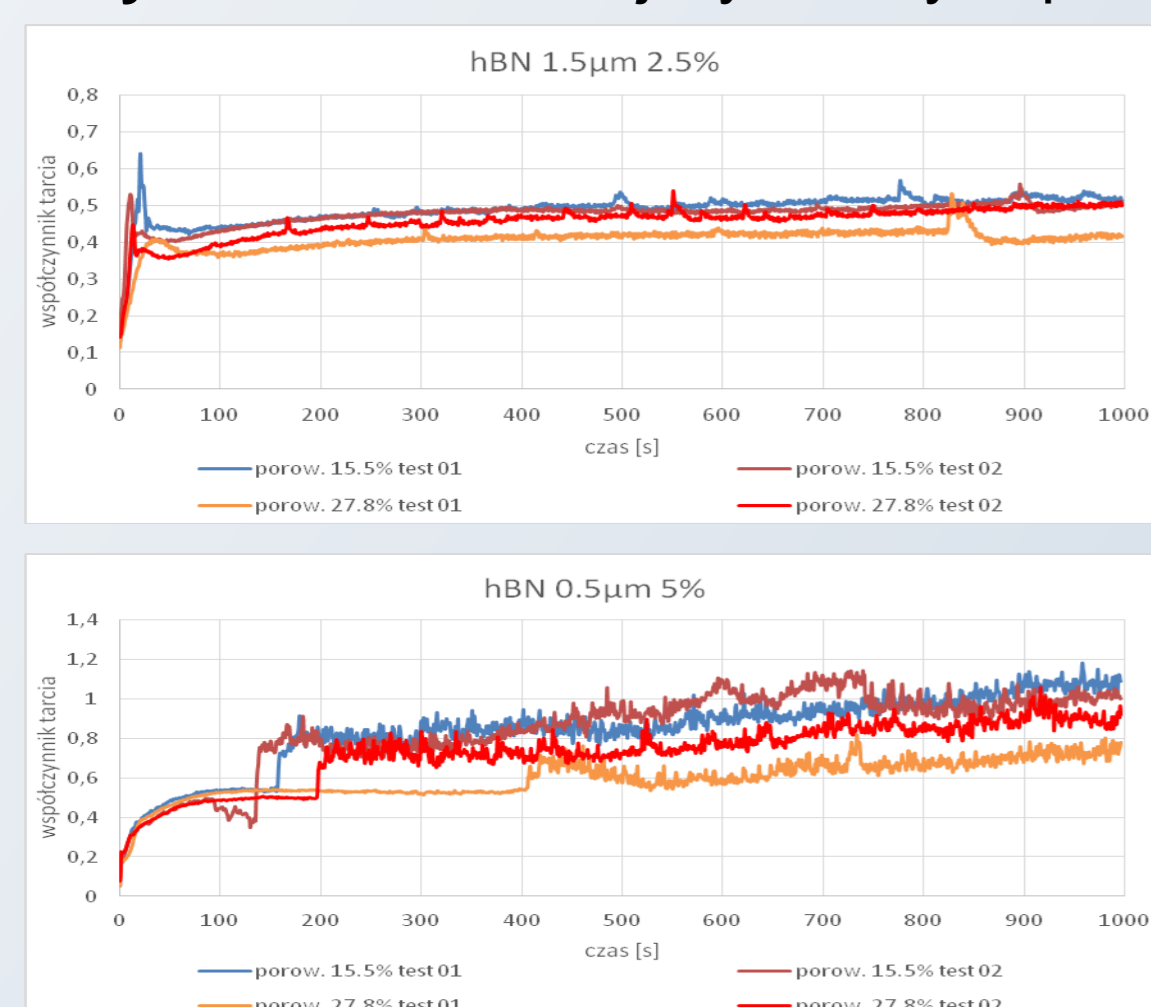
Rys. 4. Ilość i rodzaj wykonanych próbek

Rodzaj dodatku	porowatość	dodatek w % ilości wagowej				Ilość
		0%	0,5%	2,5%	5%	
HBN 0,5 micro	~15,5%	1	1	1	1	4
	~27,8%	1	1	1	1	4
HBN 1,5 micro	~15,5%	0	1	1	1	3
	~27,8%	0	1	1	1	3
MoS ₂ 1,5 micro	~15,5%	0	1	1	1	3
	~27,8%	0	1	1	1	3
WS ₂ 0,6 micro	~15,5%	0	1	1	1	3
	~27,8%	0	1	1	1	3
Grafit 1,5 micro	~15,5%	0	1	1	1	3
	~27,8%	0	1	1	1	3
bez dodatków		2	z dodatkami			30
			Łącznie			32

Rys. 5. Zestawienie próbek do badań tribologicznych, wytrzymałościowych i metalograficznych



Rys. 6. Mikroskop optyczny Nikon Eclipse LV 100



Rys. 7. Zestawienie przykładowych wyników badań

Testy tarcia realizowano w skojarzeniu kula-płaszczyzna, w ruchu posuwisto-zwrotnym, bez smarowania - w oparciu o warunki zapisane w normie **ASTM G-133**. Czas trwania testu – 1000 s. Wspomniane wyżej testy posłużyły wyznaczeniu współczynnika tarcia oraz odporności na zużycie. Zmierzone w tym celu średnice skaz na kulkach. Do oceny śladów wytarcia użyto mikroskopu optycznego **Nikon Eclipse LV 100**.

Podsumowanie

Budowa urządzenia TUB-1 pochłonięła sporo czasu, jednakże efekty pracy przeszły najśmielsze oczekiwania zespołu badawczego. Mikrokomputer Raspberry Pi III okazał się być świetnym narzędziem sterującym, zwłaszcza w układach kompaktowych, które docelowo mają sprawdzać się także w warunkach poza laboratoryjnych (m.in. przemysłowych). Rysunek 7 przedstawia próbki wyników z pierwszych testów, przeprowadzonych na prototypie urządzenia. W oparciu o powyższe, można wysnuć wstępne wnioski dotyczące wielkości procentowych udziałów dodatków podczas domieszkiwania próbek badawczych oraz ich wpływu na właściwości tribologiczne próbek.

Wprowadzenie dodatków MoS₂ i WS₂ do spieków (dla obu jego porowatości) skutkowało poprawą odporności na zużycie. Stopniowy wzrost stężenia obu substancji przyczyniał się do poprawy odporności na zużycie. Pięcioprocentowy dodatek, zarówno MoS₂ - jak i WS₂, powodował mniejszą o 20% szerokość śladów wytarcia na próbkach. Dla obu dodatków siarczkowych zaobserwowano również sytuację, w której to mniejsza porowatość spieku sprzyjała większej odporności na zużycie.