

Wydział Inżynierii Materiałowej

Politechnika Warszawska

LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU

SPRAWOZDANIE Z BADAŃ

Zlecenie nr 9139310 z dnia 3.04.2024

Wykonanie badań materiałowych elementów **konstrukcyjnych pod kątem oceny ich właściwości** **materiałowych**

Zlecający: PESA Mińsk Mazowiecki S.A.

Adres: ul. Gen. K. Sosnkowskiego 34, 05-300 Mińsk Mazowiecki

Wykonał: Zespół pod kierownictwem dr inż. Łukasza Sarniaka

Autoryzował:

Kierownik Laboratorium

.....
Dr inż. Łukasz Sarniak

Zatwierdził:

Dziekan WIM PW

.....
prof. dr hab. inż. Anna Boczkowska

Laboratorium
tel.: 22 234 87 42
tel.: 22 234 81 07
lbpwim@pw.edu.pl

Sekretariat Dziekana
ul. Wołoska 141
02-507 Warszawa
tel.: 22 849 99 29
tel.: 22 234 87 29
wim@pw.edu.pl
NIP: 525 000 58 34
REGON: 0000 01 504
wim.pw.edu.pl

Numer Sprawozdania z badań:

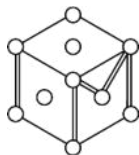
Wersja: 01

Oryginał: 1/1

Kopia: 0/0

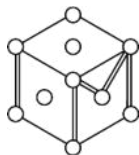
Warszawa, 10 kwietnia 2024

Załącznik nr 1. do PS 11	Zlecenie nr 9139310 z dnia 3.04.2024
Wydanie 04 z dnia 06.11.2023	Numer Sprawozdania z badań: LBP/LS/019/2024 Wersja:01



Spis treści

1.	WPROWADZENIE	3
2.	ZAKRES OPRACOWANIA	3
3.	WYNIKI BADAŃ	3
3.1	OGŁĘDZINY WIZUALNE	3
3.2	POMIARY SKŁADU CHEMICZNEGO	7
3.3	POMIARY TWARDOŚCI	8
3.4	BADANIA UDARNOŚCI	10
4.	PODSUMOWANIE	12
5.	WNIOSKI	12
6.	DOKUMENTY ZWIĄZANE	13



1. WPROWADZENIE

Spółka PESA Mińsk Mazowiecki S.A. zwróciła się do Laboratorium Badań dla Przemysłu Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej w sprawie wykonania badań materiałowych profili/kątowników elementów konstrukcyjnych, po pożarze pojazdu szynowego. Celem przeprowadzonej ekspertyzy jest ocena stanu technicznego badanych elementów materiałowych pod kątem ich dalszej eksploatacji oraz zgodności parametrów wytrzymałościowych z ówczesnymi normami.

2. ZAKRES OPRACOWANIA

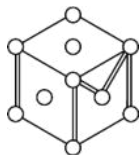
Zakres prac wykonanych w ramach zlecenia obejmuje:

1. Oględziny wizualne dostarczonych próbek w celu oceny stanu technicznego i identyfikacji potencjalnych uszkodzeń.
2. Analizę składu chemicznego profili/kątowników za pomocą spektrometru iskrowego, z porównaniem do dokumentacji technicznej.
3. Przeprowadzenie badań wytrzymałościowych (pomiary twardości), aby określić parametry wytrzymałościowe materiału.
4. Badanie odporności materiału na pękanie przy obciążeniu dynamicznym, przez wyznaczenie udarności próbek.
5. Przygotowanie szczegółowego sprawozdania z wykonanych badań, włączając raporty.

3. WYNIKI BADAŃ

3.1 Oględziny wizualne

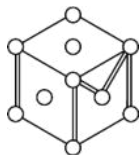
Oględziny wizualne dostarczonych próbek przeprowadzono w celu oceny ich stanu technicznego i identyfikacji ewentualnych uszkodzeń powstałych na skutek pożaru pojazdu szynowego.



Rys. 1. Zdjęcie próbki 9/2024/1 – strona wklęsła



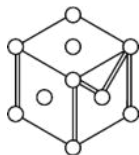
Rys. 2. Zdjęcie próbki 9/2024/1 – strona wypukła



Rys. 3. Zdjęcia powierzchni próbki 9/2024/1



Rys. 4. Zdjęcie próbki 9/2024/2 – strona wklęsła

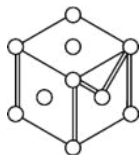


Rys. 5. Zdjęcie próbki 9/2024/2 – strona wypukła



Rys. 6. Zdjęcia powierzchni próbki 9/2024/2

Oględziny próbek ujawniły wyraźne ślady oddziaływania wysokiej temperatury. Na powierzchni materiału obecna jest utleniona warstwa, która w kilku miejscach uległa odpryskowi, co może



świadczą o lokalnych naprężeniach termicznych. Utworzona warstwa utleniona na próbce oznaczonej jako 9/2024/2 wykazuje ciemniejszą barwę w porównaniu do próbki 9/2024/1, co może sugerować dłuższe lub intensywniejsze działanie temperatury w tej strefie. Dodatkowo, na próbkach zauważalne są oznaki korozji równomiernej o rudawym odcieniu, której powstawanie najprawdopodobniej nastąpiło już po pożarze, co wskazuje na reakcję materiału z korozjogennymi czynnikami atmosferycznymi lub wodą.

Szczegółowe wyniki badań zamieszczono w protokole nr LBP/LS/009/2024-VT/F01/01, załączonym do niniejszego sprawozdania.

3.2 Pomiary składu chemicznego

Na próbkach oznaczonych jako 9/2024/1 i 9/2024/2 przeprowadzono pomiary składu chemicznego metodą GDOES za pomocą optycznego spektroskopu iskrowego SPECTROLAB AVFA18A. Wyniki przeprowadzonych pomiarów przedstawia Tabela 1 i Tabela 2.

Tabela 1. Wyniki pomiaru składu chemicznego próbki 9/2024/1 metodą GDOES

	Zawartość pierwiastków [%]											
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Fe
Średnia [%]	0,09	0,17	0,63	0,009	0,027	0,12	0,02	0,08	0,05	0,01	0,25	98,5
Odchylenie	0,002	0,003	0,009	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,014
Oznaczenie i skład chemiczny wg. normy	Stal St3S wg PN-H-84020:1988											
	≤ 0.22	≤ 0.35	≤ 1.10	≤ 0.050	≤ 0.050	≤ 0.30	-	≤ 0.30	≥ 0.02	-	≤ 0.30	-
	Stal S235JR (1.0038) wg PN-EN 10025-2:2019-11											
	≤ 0.17	-	≤ 1.40	≤ 0.035	≤ 0.035	≤ 0.29	≤ 0.11	≤ 0.42	-	-	≤ 0.55	-

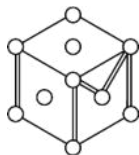


Tabela 2. Wyniki pomiaru składu chemicznego próbki 9/2024/2 metodą GDOES

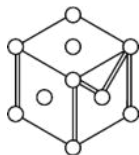
	Zawartość pierwiastków [%]											
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Fe
Średnia [%]	0,07	0,03	0,29	0,011	0,007	0,08	0,00	0,01	0,04	-	0,02	99,3
Odchylenie	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,002
Oznaczenie i skład chemiczny wg. normy	Stal St3S wg PN-H-84020:1988											
	≤ 0.22	≤ 0.35	≤ 1.10	≤ 0.050	≤ 0.050	≤ 0.30	-	≤ 0.30	≥ 0.02	-	≤ 0.30	-
	Stal S235JR (1.0038) wg PN-EN 10025-2:2019-11											
	≤ 0.17	-	≤ 1.40	≤ 0.035	≤ 0.035	≤ 0.29	≤ 0.11	≤ 0.42	-	-	≤ 0.55	-

Wyniki przeprowadzonych pomiarów składu chemicznego porównano z normami dotyczącymi składu chemicznego stali St3S wg PN-H-84020:1988 oraz stali S235JR (1.0038) wg PN-EN 10025-2:2019-11, która jest obecnie jednym z oficjalnych odpowiedników stali St3S. Analiza zawartości węgla i pierwiastków stopowych w obu próbkach wykazała, że zmierzony skład chemiczny mieści się zarówno w zakresie składu chemicznego stali St3S, jak i stali S235JR.

Szczegółowe wyniki pomiarów zamieszczono w protokole nr LBP/LS/009/2024-PMI/F01/01, załączonym do niniejszego sprawozdania.

3.3 Pomiary twardości

Pomiary twardości wykonano metodą Vickersa na twardościomierzu stacjonarnym Zwick ZHU 2,5. Badania prowadzono na próbkach 9/2024/1 i 9/2024/2, w obszarach oznaczonych na Rys. 7 i Rys. 8.



Wydział Inżynierii Materiałowej

Politechnika Warszawska

LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU



Rys. 7. Zdjęcie próbki 9/2024/1 z oznaczonymi obszarami pomiarowymi.

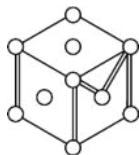


Rys. 8. Zdjęcie próbki 9/2024/2 z oznaczonymi obszarami pomiarowymi.

Pomiary twardości wykonano zgodnie z normą PN-EN ISO 6507-1, przy obciążeniu HV5. Wyniki przedstawia Tabela 3.

Tabela 3. Wyniki pomiarów twardości HV5 próbek

Lp.	Próbka 9/2024/1_7	Próbka 9/2024/1_8	Próbka 9/2024/2_7	Próbka 9/2024/2_8
1	162	133	140	139
2	151	143	143	139
3	161	133	143	139
4	163	138	139	140
5	167	136	139	145
Średnia	161	137	141	140
Odchylenie standardowe	5	4	2	2



Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że średnie wyniki pomiarów obu próbek mieszczą się w zakresie 137-161 HV.

Zgodnie z normą dla stali St3S nr PN-H-84020:1988, wytrzymałość na rozciąganie stali powinna mieścić się w zakresie od 360 HV do 520 HV. Z przeliczenia zmierzonej twardości próbek na wytrzymałość wynika, że wytrzymałość na rozciąganie badanego materiału mieści się w zakresie pomiędzy 450 a 520 HV. W tym kontekście badany materiał spełnia wytyczne normy.

Z kolei zgodnie z normą dla stali S235JR (1.0038) wg PN-EN 10025-2:2019-11, która jest obecnie jednym z aktualnych odpowiedników stali St3S, wytrzymałość na rozciąganie powinna być wyższa niż 340 HV. Warunek ten jest również spełniony dla obu badanych próbek.

W tym kontekście można przyjąć, że twardość badanych próbek jest typowa dla zastosowanego gatunku materiału.

Szczegółowe wyniki pomiarów zamieszczono w protokole nr LBP/LS/009/2024-HT/F01/01, załączonym do niniejszego sprawozdania.

3.4 Badania udarności

Pomiary udarności wykonano metodą Charpy'ego na młocie wahadłowym Zwick RKP450 o początkowej energii 300 ± 10 J. Badania prowadzono na próbkach udarnościowych wyciętych z kątowników 9/2024/1 i 9/2024/2:

- 5 próbek z kątownika 9/2024/1 oznaczonych jako: 9/2024/1_2; 9/2024/1_3; 9/2024/1_4; 9/2024/1_5; 9/2024/1_6
- 5 próbek z kątownika 9/2024/2 oznaczonych jako: 9/2024/2_2; 9/2024/2_3; 9/2024/2_4; 9/2024/2_5; 9/2024/2_6

Celem badań było wyznaczenie udarności metali poprzez zmierzenie energii [J] zużytej na złamanie próbki w temperaturze pokojowej. Badania udarności wykonano zgodnie z normą PN-EN ISO 148-1:2017-02 i ASTM A370. Ze względu na stosunkowo małą grubość ścianki dostarczonych kątowników, zdecydowano się na zastosowanie próbek o przekroju pomniejszonym: 10 mm x 2,5 mm x 55 mm, z karbem V. Wyniki badań przedstawia Tabela 4 i Tabela 5.

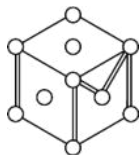


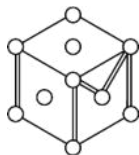
Tabela 4. Wyniki badań udarności próbki 9/2024/1

Oznaczenie próbki	Praca łamania [J]	Udarność [J/cm ²]
9/2024/1_2	23,1	113
9/2024/1_3	21,7	106
9/2024/1_4	20,8	103
9/2024/1_5	22,8	113
9/2024/1_6	21,9	107
Średnia	22	108
Odchylenie standardowe	1	4

Tabela 5. Wyniki badań udarności próbki 9/2024/2

Oznaczenie próbki	Praca łamania [J]	Udarność [J/cm ²]
9/2024/1_2	23,1	113
9/2024/1_3	21,7	106
9/2024/1_4	20,8	103
9/2024/1_5	22,8	113
9/2024/1_6	21,9	107
Średnia	22	108
Odchylenie standardowe	1	4

Normy dotyczące stali St3S nie wskazują kryteriów odnoszących się do udarności materiału. W tym kontekście posłużono się normą, w której zamieszczono wytyczne dla stali S235JR, która jest aktualnym odpowiednikiem stali St3S. Zgodnie z normą EN 10025-2:2019, minimalna praca łamania dla materiału S235JR w temperaturze pokojowej powinna wynosić 27 J dla próbek standardowych. W przypadku próbek pomniejszonych minimalna praca łamania w tych



warunkach w przeliczeniu wynosi około 14 J. W tym kontekście wszystkie badane próbki spełniają kryteria narzucone w normach.

Szczegółowe wyniki pomiarów zamieszczono w protokole nr LBP/LS/009/2024-IT/F01/01, załączonym do niniejszego sprawozdania.

4. PODSUMOWANIE

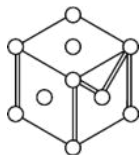
Analiza przeprowadzonych badań materiałowych wykazała, że:

- Oględziny wizualne próbek pozwoliły na identyfikację śladów działania wysokiej temperatury. Odnotowano warstwę utlenioną, która miejscami odprysnęła, świadcząc o naprężeniach termicznych. Różnica barw utlenienia między próbkami 9/2024/2 a 9/2024/1 sugeruje zróżnicowany wpływ temperatury.
- Porównanie składu chemicznego do norm PN-H-84020:1988 dla stali St3S i PN-EN 10025-2:2019-11 dla stali S235JR pokazało zgodność analizowanych próbek z obu tych standardów.
- Średnie wartości twardości dla obu próbek, mieszczące się w przedziale 137-161 HV, wskazują na spełnienie wymogów normy PN-H-84020:1988 oraz PN-EN 10025-2:2019-11, co potwierdza odpowiednią wytrzymałość na rozciąganie materiału.
- Badania udarności metodą Charpy'ego, przeprowadzone zgodnie z normami PN-EN ISO 148-1:2017-02 i ASTM A370, wykazały, że wszystkie badane próbki spełniają minimalne wymagania normy EN 10025-2:2019 dla stali S235JR, nawet w przypadku zastosowania próbek o pomniejszonym przekroju.

Podsumowując, badany materiał wykazuje zgodność ze standardami składu chemicznego, twardości i udarności dla podanych specyfikacji stali.

5. WNIOSKI

Analizy potwierdziły, że mimo działania wysokiej temperatury, badany materiał zachował normatywne właściwości wytrzymałościowe i udarnościowe, co potwierdza jego przydatność do dalszej eksploatacji, przy czym skład chemiczny odpowiada standardom stali St3S i S235JR.



6. DOKUMENTY ZWIĄZANE

- LBP/LS/009/2024-VT/F01/01 - Protokół z badań metodą wizualną
- LBP/LS/009/2024-PMI/F01/01 - Protokół badania składu chemicznego
- LBP/LS/009/2024-HT/F01/01 - Protokół z badań twardości
- LBP/LS/009/2024-IT/F01/01 - Protokół z badań udarności metodą Charpy'ego

 Wydział Inżynierii Materiałowej POLITECHNIKA WARSZAWSKA LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU	Protokół z badań metodą wizualną <i>Visual Examination Report</i>	Nr /No. LBP/LS/009/2024-VT/F01/01		
		Strona Page	Wydanie Version	Data Date
		1/5	04	30.10.2018

Ogólne dane <i>General data</i>			
Numer zlecenia <i>Order No.</i>	LBP/LS/009/2024	Data przyjęcia <i>Receiving date</i>	4.04.2024
Zleceniodawca (pełna nazwa i adres) <i>Customer (full name and address)</i>	PESA Mińsk Mazowiecki S.A. ul. Gen. K.Sosnkowskiego 34 05-300 Mińsk Mazowiecki		
Nazwa i oznaczenie obiektu badania <i>Name and designation of examined sample/object</i>	Próbki kątowników: 9/2024/1 i 9/2024/2		
Przepisy, normy, specyfikacje <i>Regulations, standards, specifications</i>	PN-EN ISO 9712:2022-09, PN-EN 1330-10:2006, PN-EN 13018:2016		
Aparatura badawcza, wyposażenie <i>Examination devices, equipment</i>	Miernik DSE-100X/L, Termometr (S/N: 1648143), suwmiarka (S/N: 057465)		
Cel badania <i>Aim of examination</i>	Oględziny wizualne powierzchni materiału		
Badany wyrób <i>Examined sample/object</i>			
Materiał <i>Material</i>	Stal niestopowa		
Grubość <i>Material thickness</i>	4,5 mm		
Stan powierzchni <i>Surface condition</i>	Utleniona i skorodowana		
Warunki i przebieg badania <i>Conditions and course of the examination</i>			
Miejsce badania <i>Examination area</i>	Powierzchnia zewnętrzna		
Zakres badania <i>Scope of the examination</i>	100% powierzchni zewnętrznej		
Technika badania <i>Examination technique</i>	Wizualna bezpośrednia		
Wymagane natężenie oświetlenia (lx) <i>Illuminance required (lx)</i>	350	Oświetlenie zmierzone (lx) <i>Illuminance measured (lx)</i>	840
Kryteria akceptacji <i>Acceptance criteria</i>	Brak		
Temperatura otoczenia <i>Ambient temperature</i>	23°C		
Uwagi o badaniu <i>Remarks about the examination</i>	Brak		
Wykryte nieciągłości nie spełniające kryteriów akceptacji <i>Observed discontinuities that do not meet the acceptance criteria</i>			
n/d			

 Wydział Inżynierii Materiałowej POLITECHNIKA WARSZAWSKA LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU	Protokół z badań metodą wizualną <i>Visual Examination Report</i>	Nr /No. LBP/LS/009/2024-VT/F01/01		
		Strona Page	Wydanie Version	Data Date
		2/5	04	30.10.2018

Wynik badania

Examination result

Oględziny wizualne dostarczonych próbek przeprowadzono w celu oceny ich stanu technicznego i identyfikacji ewentualnych uszkodzeń powstałych na skutek pożaru. pojazdu szynowego.

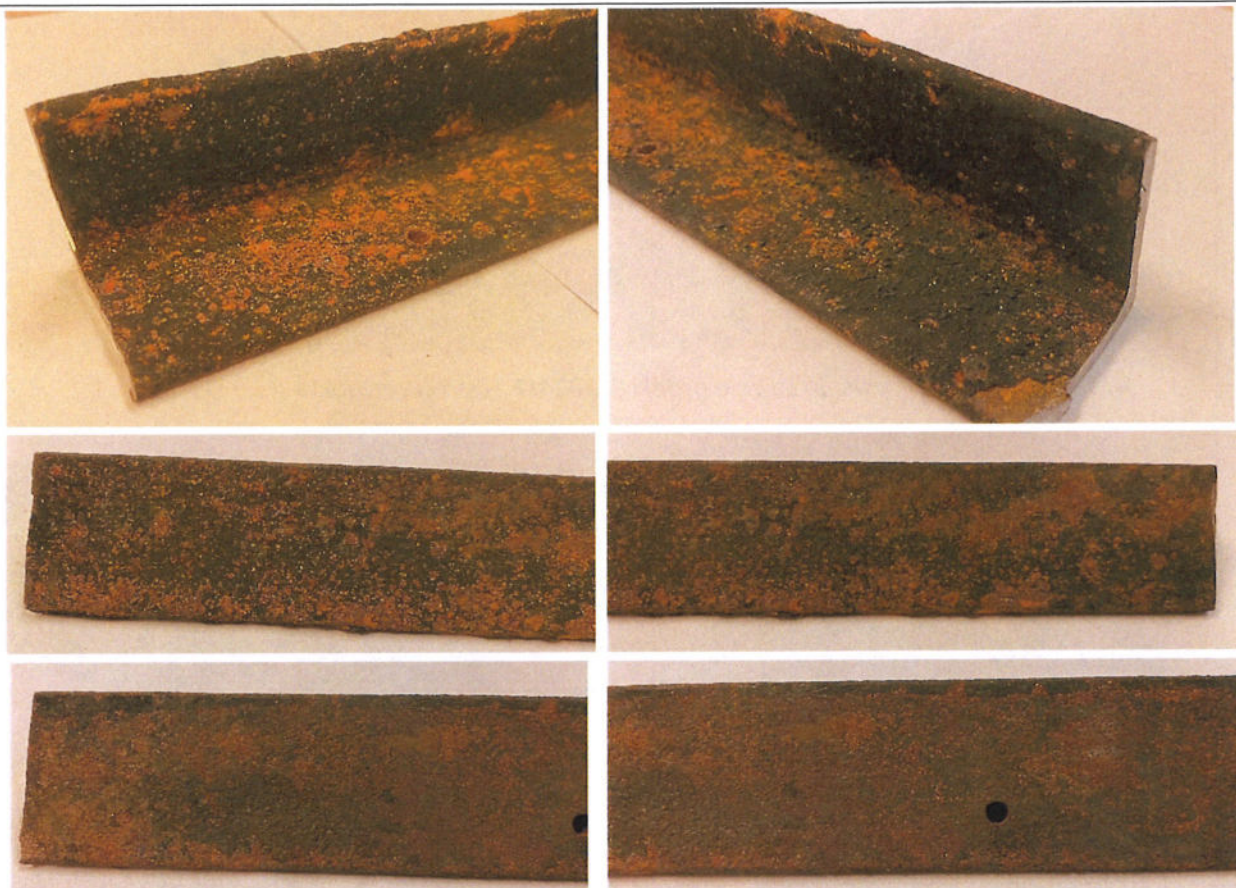


Rys. 1. Zdjęcie próbki 9/2024/1 – strona wklęsła



Rys. 2. Zdjęcie próbki 9/2024/1 – strona wypukła

 Wydział Inżynierii Materiałowej POLITECHNIKA WARSZAWSKA LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU	Protokół z badań metodą wizualną <i>Visual Examination Report</i>	Nr /No. LBP/LS/009/2024-VT/F01/01		
		Strona Page	Wydanie Version	Data Date
		3/5	04	30.10.2018



Rys. 3. Zdjęcia powierzchni próbki 9/2024/1



Rys. 4. Zdjęcie próbki 9/2024/2 – strona wklęsła

 Wydział Inżynierii Materiałowej POLITECHNIKA WARSZAWSKA LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU	Protokół z badań metodą wizualną <i>Visual Examination Report</i>	Nr /No. LBP/LS/009/2024-VT/F01/01		
		Strona Page	Wydanie Version	Data Date
		4/5	04	30.10.2018



Rys. 5. Zdjęcie próbki 9/2024/2 – strona wypukła



Rys. 6. Zdjęcia powierzchni próbki 9/2024/2

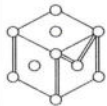
 Wydział Inżynierii Materiałowej POLITECHNIKA WARSZAWSKA LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU	Protokół z badań metodą wizualną <i>Visual Examination Report</i>	Nr /No. LBP/LS/009/2024-VT/F01/01		
		Strona <i>Page</i>	Wydanie <i>Version</i>	Data <i>Date</i>
		5/5	04	30.10.2018

Oględziny próbek ujawniły wyraźne ślady oddziaływania wysokiej temperatury. Na powierzchni materiału obecna jest utleniona warstwa, która w kilku miejscach uległa odpryskowi, co może świadczyć o lokalnych naprężeniach termicznych. Utworzona warstwa utleniona na próbce oznaczonej jako 9/2024/2 wykazuje ciemniejszą barwę w porównaniu do próbki 9/2024/1, co może sugerować dłuższe lub intensywniejsze działanie temperatury w tej strefie. Dodatkowo, na próbkach zauważalne są oznaki korozji równomiernej o rudawym odcieniu, której powstawanie mogło nastąpić już po pożarze, co wskazuje na reakcję materiału z korozjogennymi czynnikami atmosferycznymi lub wodą.

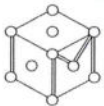
Wykonał (imię, nazwisko i nr cert.): <i>Examined by (name, certification number):</i>  Dr inż. Łukasz Sarniak	Opracował (imię, nazwisko i nr cert.): <i>Prepared by (name, certification number):</i>  Dr inż. Łukasz Sarniak	Autoryzował (imię, nazwisko i nr cert.): <i>Checked by (name, certification number):</i>  Dr inż. Łukasz Sarniak Kierownik Laboratorium
Miejsce, Data: <i>Place, Date:</i> Warszawa, 04.04.2024	Miejsce, Data: <i>Place, Date:</i> Warszawa, 04.04.2024	Miejsce, Data: <i>Place, Date:</i> Warszawa, 04.04.2024

KONIEC DOKUMENTU*
 THE END OF THE DOCUMENT**

*Raport z badań nie może być powielany inaczej niż w całości bez pisemnej zgody laboratorium.
 **An examination report cannot be duplicated other than in full without the written permission of the laboratory.

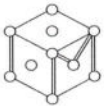
 Wydział Inżynierii Materiałowej Politechnika Warszawska LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU	Protokół badania składu chemicznego (PMI) <i>Report From Chemical Analysis (PMI)</i>	Nr /No. LBP/LS/009/2024- PMI/F01/01	
		Strona <i>Page</i>	1/3

Dane ogólne <i>General data</i>			
Numer zlecenia <i>Order No.</i>	LBP/LS/009/2024	Data przyjęcia <i>Receiving date</i>	27.03.2024
Zleceniodawca (pełna nazwa i adres) <i>Customer (full name and address)</i>	PESA Mińsk Mazowiecki S.A. ul. Gen. K.Sosnkowskiego 34 05-300 Mińsk Mazowiecki		
Nazwa i oznaczenie (numer) próbki <i>Name and designation of examined sample/object</i>	Kątowniki: 9/2024/1_1, 9/2024/2_1		
Przepisy, normy, specyfikacje <i>Regulations, standards, specifications</i>	Instrukcja obsługi urządzenia; upoważnienie Dziekana do wykonywania badań.		
Zakres badania <i>Range of examination</i>	Wybrany obszar powierzchni badanego elementu	Badania <i>Examination</i>	Wytwarzania / <i>Manufacturing</i>
			Ekspluatacyjne / <i>Operating</i>
			X Poawaryjne / <i>After damage</i>
Aparatura <i>Equipment</i>	Spektrometr iskrowy SPECTROLAB LAVFA18A (nr seryjny 4L0226); próbki kontrolne producenta; termometr D 604/19		
Badany wyrób <i>Examined sample/object</i>			
Materiał / Wymiary <i>Material / Dimensions</i>	Stal niestopowa		
Cel badania <i>Aim of examination</i>	Określenie składu chemicznego		
Warunki badania <i>Examination conditions</i>			
Stan powierzchni <i>Surface condition</i>	Produkty korozji		
Przygotowanie powierzchni <i>Surface preparation</i>	Szlifowanie papierem ściernym P60		
Temperatura [°C] <i>Temperature [°C]</i>	24		
Przebieg badania <i>Course of examination</i>			
Odparowanie w łuku elektrycznym <i>Evaporation of the electric arc</i>	Tak		
Kryteria odbiorcze <i>Acceptance criteria</i>	Powtarzalność trzech kolejnych pomiarów		

 Wydział Inżynierii Materiałowej Politechnika Warszawska LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU	Protokół badania składu chemicznego (PMI) <i>Report From Chemical Analysis (PMI)</i>	Nr /No. LBP/LS/009/2024- PMI/F01/01	
		Strona <i>Page</i>	2/3

WYNIKI RESULTS																	
Punkt pom.\ Pierwiastek <i>Measured point\ Element</i>		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W	Fe
9/2024/1_1	Średnia <i>Average</i>	0,09	0,17	0,63	0,00 9	0,02 7	0,12	0,02	0,08	0,05	0,01	0,25	0,00 4	0,00 3	0,01	0,01	98,5
	Odchylenie standardowe <i>Deviation</i>	0,002	0,003	0,009	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,014
Oznaczenie i skład chemiczny wg. normy <i>Designation and chemical composition according to standards</i>		St3S wg PN-H-84020:1988															
		≤ 0.22	≤ 0.35	≤ 1.10	≤ 0.050	≤ 0.050	≤ 0.30	-	≤ 0.30	≥ 0.02	-	≤ 0.30	-	-	-	-	-
Wyniki: <i>Results:</i> Analiza zawartości węgla i pierwiastków stopowych wykazała, że zmierzony skład chemiczny mieści się w zakresie składu chemicznego stali St3S wg PN-H-84020: 1988 / „Stal węglowa konstrukcyjna zwykłej jakości ogólnego przeznaczenia – Gatunki”. Obecnie, jednym z oficjalnych odpowiedników stali St3S jest stal S235JR (1.0038) wg PN-EN 10025-2:2019-11 – „Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych -- Część 2: Warunki techniczne dostawy stali konstrukcyjnych niestopowych”. Zmierzona zawartości węgla i pierwiastków stopowych również mieści się w kryteriach narzuconych przez tę normę.																	

WYNIKI RESULTS																	
Punkt pom.\ Pierwiastek <i>Measured point\ Element</i>		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W	Fe
9/2024/2_1	Średnia <i>Average</i>	0,07	0,03	0,29	0,01 1	0,00 7	0,08	0,00	0,01	0,04	-	0,02	0,00 5	0,00 4	0,01	0,01	99,3
	Odchylenie standardowe <i>Deviation</i>	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002
Oznaczenie i skład chemiczny wg. normy <i>Designation and chemical composition according to standards</i>		St3S wg PN-EN PN-H-84020:1988															
		≤ 0.22	≤ 0.35	≤ 1.10	≤ 0.050	≤ 0.050	≤ 0.30	-	≤ 0.30	≥ 0.02	-	≤ 0.30	-	-	-	-	-
Wyniki: <i>Results:</i> Analiza zawartości węgla i pierwiastków stopowych wykazała, że zmierzony skład chemiczny mieści się w zakresie składu chemicznego stali St3S wg PN-H-84020: 1988 / „Stal węglowa konstrukcyjna zwykłej jakości ogólnego przeznaczenia – Gatunki”. Obecnie, jednym z oficjalnych odpowiedników stali St3S jest stal S235JR (1.0038) wg PN-EN 10025-2:2019-11 – „Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych -- Część 2: Warunki techniczne dostawy stali konstrukcyjnych niestopowych”. Zmierzona zawartości węgla i pierwiastków stopowych również mieści się w kryteriach narzuconych przez tę normę.																	

 Wydział Inżynierii Materiałowej Politechnika Warszawska LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU	Protokół badania składu chemicznego (PMI) <i>Report From Chemical Analysis (PMI)</i>	Nr /No. LBP/LS/009/2024- PMI/F01/01	
		Strona Page	3/3



Rysunek 1. Zdjęcie próbki 9/2024/1_1



Rysunek 2. Zdjęcie próbki 9/2024/2_1

Wykonał (imię i nazwisko): Examined by (name): <i>Andrzej Wolanin</i> Mgr inż. Andrzej Wolanin	Opracował (imię i nazwisko): Prepared by (name): <i>Andrzej Wolanin</i> Mgr inż. Andrzej Wolanin	Autoryzował(imię i nazwisko): Approved by (name): <i>[Signature]</i> Dr inż. Łukasz Sarniak Kierownik Laboratorium
Miejsce, Data: Place, Date: Warszawa, 28.03.2024	Miejsce, Data: Place, Date: Warszawa, 29.03.2024	Miejsce, Data: Place, Date: Warszawa, 29.03.2024

KONIEC DOKUMENTU*
THE END OF THE DOCUMENT**

*Raport z badań nie może być powielany inaczej niż w całości bez pisemnej zgody laboratorium.
**An examination report cannot be duplicated other than in full without the written permission of the laboratory.

 Wydział Inżynierii Materiałowej POLITECHNIKA WARSZAWSKA LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU	Protokół z badań twardości <i>Hardness Testing Report</i>		Nr /No LBP/LS/009/2024- HT/F01/01
	Wydanie 02 z dnia 30.10.2019r.		

Ogólne dane General data			
Numer zlecenia <i>Order No.</i>	LBP/LS/009/2024	Data przyjęcia <i>Receiving date</i>	27.03.2024
Zleceniodawca (pełna nazwa i adres) <i>Customer(full name and address)</i>	PESA Mińsk Mazowiecki S.A. ul. Gen. K.Sosnkowskiego 34 05-300 Mińsk Mazowiecki		
Nazwa i oznaczenie obiektu badania <i>Name and designation of examined sample/object</i>	Próbki wycięte z kątowników: 9/2024/1_7; 9/2024/1_8; 9/2024/2_7; 9/2024/2_8;		
Przepisy, normy, specyfikacje <i>Regulations, standards, specifications</i>	PN-EN ISO 6507-1, PN-EN ISO/IEC 17025, Szkolenie wewnętrzne z metody pomiarowej		
Aparatura badawcza, wyposażenie <i>Examination devices, equipment</i>	Twardościomierz ZWICK/ROELL ZHU 2,5, termometr szklany cieczowy (S/N: D 4108/14)		
Zakres badania <i>Range of examination</i>	Pomiary twardości	Etap badania <i>Examination stage</i>	Eksploatacja
Badany wyrób Examined sample/object			
Materiał <i>Material</i>	Stal węglowa niskostopowa	Metoda spawania <i>Welding method</i>	-
		Spoiwo <i>Filler metal</i>	-
Wymiary <i>Dimensions</i>	Według szkicu	Rodzaj złącza <i>Joint type</i>	-
Temperatura obiektu [°C] ¹ <i>Temperature of the object[°C]</i>	25	Obróbka cieplna (T/N) <i>Heat treatment (Y/N)</i>	-
Warunki i przebieg badania Conditions and course of examination			
Miejsce badania <i>Examination area</i>	Powierzchnia		
Przygotowanie powierzchni <i>Surface preparation</i>	Szlifowanie papierem ściernym #80÷1200,		
Metoda pomiaru twardości <i>Hardness testing method</i>	Brinell	Vickers	Odbicia sprężystego <i>Rebound method</i>
	X Vickers - UCI	Rockwell	
Skala twardości <i>Hardness scale</i>	HV 5		
Kryteria odbiorcze <i>Acceptance criteria</i>	Brak		
Temperatura otoczenia [°C] <i>Ambient temperature [°C]</i>	25		
Uwagi <i>Remarks</i>	-		

¹ Informacja otrzymana od Zleceniodawcy (Information received from Customer)

 Wydział Inżynierii Materiałowej POLITECHNIKA WARSZAWSKA LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU	Protokół z badań twardości <i>Hardness Testing Report</i>	Nr /No LBP/LS/009/2024- HT/F01/01 Wydanie 02 z dnia 30.10.2019r.
---	--	---

Wyniki pomiarów twardości Hardness testing results					
Lp./No.	Obiekt badania Examined sample/object 9/2024/1	Obiekt badania Examined sample/object 9/2024/1	Obiekt badania Examined sample/object 9/2024/2	Obiekt badania Examined sample/object 9/2024/2	Obiekt badania Examined sample/object
	miejsce pomiaru examination area 9/2024/1_7	miejsce pomiaru examination area 9/2024/1_8	miejsce pomiaru examination area 9/2024/2_7	miejsce pomiaru examination area 9/2024/2_8	miejsce pomiaru examination area
1	162	133	140	139	-
2	151	143	143	139	-
3	161	133	143	139	-
4	163	138	139	140	-
5	167	136	139	145	-
Średnia Average	161	137	141	140	
SD ^{*)}	5	4	2	2	
Ocena ^{***)} Assessment	Akceptowalne	Akceptowalne	Akceptowalne	Akceptowalne	

^{*)} SD – Standard deviation
^{***)} Akceptowalne/Nieakceptowalne/Acceptable/Unacceptable



**Wydział Inżynierii
Materiałowej**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

LABORATORIUM BADAŃ DLA

PRZEMYSŁU

Protokół z badań twardości

Hardness Testing Report

Nr /No
LBP/LS/009/2024-
HT/F01/01

Wydanie 02 z dnia 30.10.2019r.

Szkice:

Sketches:



9/2024/1_8

9/2024/1_7



9/2024/2_7

9/2024/2_8

Uwagi:

Remarks

Wykonał (imię, nazwisko)

Examined by (name):

Mgr inż. Grzegorz Szklarz

Opracował (imię, nazwisko)

Prepared by (name):

Mgr inż. Grzegorz Szklarz

Autoryzował (imię, nazwisko)

Checked by (name):

Dr inż. Łukasz Sarniak
Kierownik Laboratorium

Miejsce, Data:

Place, Date:

Warszawa, 04.04.2024

Miejsce, Data:

Place, Date:

Warszawa, 04.04.2024

Miejsce, Data:

Place, Date:

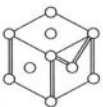
Warszawa, 04.04.2024

KONIEC DOKUMENTU*

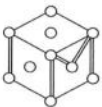
THE END OF THE DOCUMENT**

**Raport z badań nie może być powielany inaczej niż w całości bez pisemnej zgody laboratorium.*

***An examination report cannot be duplicated other than in full without the written permission of the laboratory.*

 Wydział Inżynierii Materiałowej Politechnika Warszawska LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU	Protokół z badań udarnośći metodą Charpy'ego <i>Impact test report</i>	Nr /No. LBP/LS/009/2024 -IT/F02/01	
		Strona Page	Wydanie Version
		1/2	01

Ogólne dane / General data										
Numer zlecenia <i>Order number</i>	LBP/LS/009/2024				Data przyjęcia <i>Receiving date</i>	27.03.2024				
Zleceniodawca (pełna nazwa i adres) <i>Customer (full name and address)</i>	PESA Mińsk Mazowiecki S.A. ul. Gen. K.Sosnkowskiego 34 05-300 Mińsk Mazowiecki									
Nazwa i oznaczenie obiektu badania <i>Name and designation of examined sample/object</i>	Próbki wycięte z kątowników: 9/2024/1_2; 9/2024/1_3; 9/2024/1_4; 9/2024/1_5; 9/2024/1_6; 9/2024/2_2; 9/2024/2_3; 9/2024/2_4; 9/2024/2_5; 9/2024/2_6;									
Przepisy, normy, specyfikacje <i>Regulations, standards, specifications</i>	PN-EN ISO 148-1:2017-02; ASTM A370									
Zakres badania <i>Examination range</i>	przeprowadzenie próby udarnośći w temperaturze otoczenia <i>impact strength testing at room temperature</i>				X	Etap badania <i>Examination stage</i>				
	przeprowadzenie próby udarnośći w obniżonej temperaturze <i>impact strength testing at reduced temperature</i>				-	Wytwarzania <i>Manufacturing</i>				
	określenie udarnośći w džulach/cm² <i>impact strength evaluation in J/cm²</i>				X	Eksploatacyjne <i>Operation</i>				
Aparatura: -przrządy i materiały pomocnicze -parametry, wyposażenie (*dla próby udarnośći w obniżonych temp.) <i>Apparatus: -Device and supportive materials -Parameters, equipment (*for low temperatures testing)</i>	- młot wahadłowy Charpy'ego o początkowej energii 300±10 J spełniający założenia normy, PN-EN ISO 148-1 2010; ASTM A370 [15] - przyrząd do pomiaru temperatury, suwmiarka, kleszcze (*) <i>Charpy impact tester with initial energy 300±10 J in accordance with PN-EN ISO 148-1 2010; ASTM A370 [15]</i> - temperature measure device, caliper, tongs (*)									
Badany wyrób / Examined sample/object										
Materiał <i>Material</i>	Stal niestopowa									
Sposób pobrania próbki <i>Sampling method</i>	Pobranie i przygotowanie próbek zgodnie PN-EN ISO 148-1 2017-02; ASTM A370 <i>Sampling and sample preparation according to PN-EN ISO 148-1 2017-02; ASTM A370</i>									
Rodzaj próbki <i>Sample type</i>	próbka z karbem U <i>Sample with U notch</i>			-	o przekroju pomniejszonym <i>with reduced section</i>				X	
	próbka z karbem V <i>Sample with V notch</i>			X	standardowa <i>standard</i>				-	
Wymiary próbki <i>Sample dimensions</i>	l	a	b	h _U	h _V	F _U	r _V	γ _V	θ _⊥	θ ₌
	55	10	2,5	5	8	4	0,25	45 °	90 °	90 °
Cel badania <i>Aim of the test</i>	Wyznaczenie udarnośći metali poprzez zmierzenie energii [J] zużytej na złamanie próbki w temperaturze pokojowej <i>Obtain impact by measure the energy [J] required to break sample at room temperature</i>									

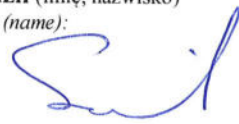
 Wydział Inżynierii Materiałowej Politechnika Warszawska LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU	Protokół z badań udarności metodą Charpy'ego <i>Impact test report</i>		Nr /No. LBP/LS/009/2024 -IT/F02/01	
			Strona Page	Wydanie Version
			2/2	01

Warunki i przebieg badania / <i>Conditions and course of examination</i>			
Temperatura badania <i>Testing temperature</i>	Temperatura pokojowa		
Środek oziębiający i jego temperatura (*) <i>Cooling medium and temperature (*)</i>	suchy lód <i>dry ice</i>	-	Nie dotyczy <i>Not applicable</i>
	ciekły azot <i>liquid nitrogen</i>	-	
E początk. Młota <i>Initial energy of the hammer</i>	300 ± 10 [J]		

(*dla próby udarności w obniżonych temp./for low temperatures testing)

Wyniki Badań Results												
Lp. No.	Oznaczenie próbki Sample designation	Próbki standardowe Standard samples				Próbki o przekroju pomniejszonym Samples of reduced section				Uwagi Remarks	Akceptacja Acceptance	
		Próbka z karbem U Sample with U notch		Próbka z karbem V Sample with V notch		Próbka z karbem U Sample with U notch		Próbka z karbem V Sample with V notch			Tak/Y es	Nie/ No
		Praca łamania [J] Impact Energy [J]	Udarność [J/cm²] Impact strength [J/cm2]	Praca łamania [J] Impact Energy [J]	Udarność [J/cm²] Impact strength [J/cm2]	Praca łamania [J] Impact Energy [J]	Udarność [J/cm²] Impact strength [J/cm2]	Praca łamania [J] Impact Energy [J]	Udarność [J/cm²] Impact strength [J/cm2]			
1	9/2024/1_2	-	-	-	-	-	-	23,1	113	ND	x	-
	9/2024/1_3	-	-	-	-	-	-	21,7	106	ND	x	-
	9/2024/1_4	-	-	-	-	-	-	20,8	103	ND	x	-
	9/2024/1_5	-	-	-	-	-	-	22,8	113	ND	x	-
	9/2024/1_6	-	-	-	-	-	-	21,9	107	ND	x	-
	Średnia Average	-	-	-	-	-	-	22	108	-	-	-
	SD*)	-	-	-	-	-	-	1	4	-	-	-
2	9/2024/2_2	-	-	-	-	-	-	24,8	125	ND	x	-
	9/2024/2_3	-	-	-	-	-	-	25,6	125	ND	x	-
	9/2024/2_4	-	-	-	-	-	-	25	124	ND	x	-
	9/2024/2_5	-	-	-	-	-	-	25,1	124	ND	x	-
	9/2024/2_6	-	-	-	-	-	-	26	129	ND	x	-
	Średnia Average	-	-	-	-	-	-	25	126	-	-	-
	SD*)	-	-	-	-	-	-	0	2	-	-	-

ND*-niedołamana

Wykonał (imię, nazwisko) <i>Examined by (name):</i>  Mgr inż. Grzegorz Szklarz	Opracował (imię, nazwisko) <i>Prepared by (name):</i>  Mgr inż. Grzegorz Szklarz	Zatwierdził (imię, nazwisko) <i>Checked by (name):</i>  Dr inż. Łukasz Sarniak Kierownik Laboratorium
Miejsce, Data: <i>Place, Date:</i> Warszawa 03-04-2024	Miejsce, Data: <i>Place, Date:</i> Warszawa 03-04-2024	Miejsce, Data: <i>Place, Date:</i> Warszawa 03-04-2024

KONIEC DOKUMENTU*
THE END OF THE DOCUMENT**

*Raport z badań nie może być powielany inaczej niż w całości bez pisemnej zgody laboratorium.
 **An examination report cannot be duplicated other than in full without the written permission of the laboratory.