

1.0 WYNIKI BADAŃ WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH DRUTÓW SPAWALNICZYCH

W ramach pracy dokonano w pierwszej kolejności identyfikacji właściwości mechanicznych i strukturalnych drutów spawalniczych na bazie stali oraz na bazie aluminium. Do badań wytypowano druty spawalnicze dostępne na rynku, które reprezentują typoszereg drutów spawalniczych powszechnie stosowanych w technice spajania.

Tablica 1.1. Zestawienie gatunków drutów spawalniczych wytypowanych do badań

Oznaczenie próbki	Gatunek drutu	Średnica drutu [mm]
1	AWS A5.20 E71T-GS	0,8
2	ER4043	1,2
3	ER4043	0,80
4	SG2	0,98
5	ER308LSi	0,98
6	ER5183	0,77
7	ER5183	0,79
8	ER 70S-6	2,168
9	4043	3,2
10	5356	2,429
11	ESAB materiał wsadowy	2,45
12	308 LSI	2,392

Szczegółowa charakterystyka badanych drutów została przedstawiona w tablicach 1.1-1.10.

Tablica 1.2. Specyfikacja drutu proszkowego samoosłonowego E71T-GS, średnica 1,0 mm - drut nr 1

Producent	Klasyfikacja	Skład chemiczny [%]:										Granica plastyczności Re, MPa	Wytrzymałość na rozciąganie Rm, MPa	Wydłużenie A5, %
		C	Mn	Si	P	S	Al	Cr	Ni	Mo	V			
Sherman	KING-S E71T-GS	0,13	0,38	0,25	0,007	0	1,18	0,03	0,02	0,01	0,02	430	540	22

Drut proszkowy samoosłonowy KING-S E71T-GS marki Sherman przeznaczony jest do spawania bez osłony gazowej stali węglowych zwykłej i podwyższonej wytrzymałości nieprzekraczającej 540 MPa.

Tablica 1.3. Specyfikacja drutu spawalniczego ER4043, średnica 1,2 mm - drut nr 2

Producent	Klasyfikacja	SKŁAD CHEMICZNY [%]:						Granica plastyczności Re, MPa	Wytrzymałość na rozciąganie Rm, MPa	Wydłużenie A5, %
		Al	Si	Ti	Cu	Fe				
Sherman	EN ISO 18273: S Al 4043 (AlSi5) AWS A5.10: ER 4043	reszta	5	<0,2	<0,3	<0,8		Min.40	Min 120	8

Aluminiowy drut lity gatunku 4043 do spawania metodą MIG stopów aluminium Al-Si oraz Al-Si-Mg o maksymalnej zawartości dodatków stopowych poniżej 2% i zawartości krzemu Si do 7%. Sprawdza się również przy połączeniach czystego aluminium oraz różnych gatunków stopów aluminium np. aluminium serii 6000 z 1000 lub 6000 z 3000 zarówno przy spawaniu stopów odlewniczych, jak i przerobionych plastycznie. Wysoka zawartość krzemu korzystnie wpływa na płynność ciekłego jeziora, łatwość spawania i kontrolę podczas spawania. Spoiwo charakteryzuje duża odporność na pękanie gorące podczas spawania i krzepnięcia. Nie zaleca się

stosowania drutu AISi5 do spawania elementów i konstrukcji, które po zakończeniu procesu poddane zostaną anodyzowaniu – ciemnoszary odcień w okolicy spoiny.

Tablica 1.4. Specyfikacja drutu spawalniczego ER4043, średnica 1,0 mm - drut nr 3

Produce nt	Klasyfikacja	SKŁAD CHEMICZNY [%]:					Granica plastyczności Re, MPa	Wytrzymałość na rozciąganie Rm, MPa	Wydłuże nie A5, %
		Al	Si	Ti	Cu	Fe			
Tysweld	EN ISO 18273: S Al 4043 (AlSi5) AWS A5.10: ER 4043	reszta	5	<0,2	<0,3	<0,8	Min.40	Min 120	8

Aluminiowy drut lity gatunku 4043 do spawania metodą MIG stopów aluminium Al-Si oraz Al-Si-Mg o maksymalnej zawartości dodatków stopowych poniżej 2% i zawartości krzemu Si do 7%. Sprawdza się również przy połączeniach czystego aluminium oraz różnych gatunków stopów aluminium np. aluminium serii 6000 z 1000 lub 6000 z 3000 zarówno przy spawaniu stopów odlewniczych, jak i przerobionych plastycznie. Wysoka zawartość krzemu korzystnie wpływa na płynność ciekłego jeziora, łatwość spawania i kontrolę podczas spawania. Spoiwo charakteryzuje duża odporność na pękanie gorące podczas spawania i krzepnięcia. Nie zaleca się stosowania drutu AISi5 do spawania elementów i konstrukcji, które po zakończeniu procesu poddane zostaną anodyzowaniu – ciemnoszary odcień w okolicy spoiny.

Tablica 1.5. Specyfikacja drutu spawalniczego SG2, średnica 2,4mm - drut nr 4

Produce nt	Klasyfikacja	SKŁAD CHEMICZNY [%]:			Granica plastyczności Re, MPa	Wytrzymałość na rozciąganie Rm, MPa	Wydłużenie A5, %
		C	Si	Mn			
ESAB	PN-EN-12536: OI AWS A 5.2: R45 PN-88/M-69420: SPG1	0,10	0,85	1,4	470	560	26

Miedziowany drut spawalniczy SG2 to uniwersalny drut elektrodowy przeznaczony do spawania stali niskowęglowych, i konstrukcyjnych metodą MIG MAG. Jest to jeden z najpopularniejszych gatunków drutu stosowanych do spawania w osłonie CO₂ oraz mieszanki Ar/CO₂.

Tablica 1.6. Specyfikacja drutu spawalniczego ER308LSi, średnica 0,8 mm – drut nr 5

Producent	Klasyfikacja	SKŁAD CHEMICZNY [%]:						Granica plastyczności Re, MPa	Wytrzymałość na rozciąganie Rm, MPa	Wydłużenie A5, %
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo			
Tysweld	EN ISO 14343-A G 19 12 3 L Si EN ISO 14343-B SS316LSi AWS A5.9 ER316LSi	0,02	0,8	1,8	18,4	12,4	2,8	420	560	20

Wysokiej jakości lity drut wysokostopowy ze stali nierdzewnej. Drut do łączenia oraz napawania metodą MAG stali kwasoodpornej, austenitycznej CrNi i CrNiMo oraz staliwa. Charakteryzuje się wysoką odpornością na korozję (do +400°C) oraz na niskie temperatury (do -196°C).

Tablica 1.7. Specyfikacja drutu spawalniczego ER5183, średnica 0,8 mm – drut nr 6

Produce nt	Klasyfikacja	SKŁAD CHEMICZNY [%]:					Granica plastyczności Re, MPa	Wytrzymałość na rozciąganie Rm, MPa	Wydłuże nie A5, %
		Al	Mg	Mn	Si	Fe			
Tysweld	DIN 1732 SG-Al Mg 4,5 Mn EM ISO 18273 S Al 5183 AWS/ASME SFA-5.10 ER 5183	reszta	4,8	0,8	<0,4	<0,4	140	290	25

Drut AIMg5 jest jednym z najszerzej stosowanych spawalniczych stopów aluminium. Spoiwo aluminowe zawierające 5% magnezu do spawania metodą TIG i MIG stopów AL-Mg odpornych na działanie wody morskiej. Zapewnia wyższą odporność na pękanie niż spoiwa o mniejszej zawartości magnezu.

Tablica 1.8. Specyfikacja drutu spawalniczego TIG ESAB TIGROD 12.64, średnica 2,4mm – drut nr 7

Producent	Klasyfikacja	SKŁAD CHEMICZNY [%]:			Granica plastyczności Re, MPa	Wytrzymałość na rozciąganie Rm, MPa	Wydłużenie A5, %
		C	Si	Mn			
ESAB	PN-EN-12536: OI AWS A 5.2: R45 PN-88/M-69420: SPG1	Max.0,10	0,03	0,35-0,65	330	450	20

Drut chromowo-niklowy ER316LSi przeznaczony jest do spawania austenitycznych stali nierdzewnych typu 18-8. Domieszka krzemu poprawia własności spawalnicze, takie jak zdolność do zwilżania.

Tablica 1.9. Specyfikacja drutu spawalniczego ER 70S-6, średnica 2,4mm – drut nr 8

Produce nt	Klasyfikacja	SKŁAD CHEMICZNY [%]:			Granica plastyczności Re, MPa	Wytrzymałość na rozciąganie Rm, MPa	Wydłużenie A5, %
		C	Si	Mn			
ESAB	SG2 SFA/AWS A 5.18:ER 70S-6 EN ISO 14341-A:G3Si1	Max. 0,10	0,03	0,35-0,65	440	525	25

Drut elektrodowy manganowo-krzemowy, miedziowany, przeznaczony do spawania metodą MIG/MAG stali niskowęglowych konstrukcyjnych oraz drobnoziarnistych stali węglowo-manganowych. Pozwala na stosowanie zarówno wysokich natężeń prądu przy łuku natryskowym, jak i niskich przy zwarciovym przenoszeniu metalu. Charakteryzuje się doskonałymi właściwościami technologicznymi spawania, stabilnym łukiem, mało rozpryskowy, ma wysoką wydajność osadzania. Nadaje się do wszystkich pozycji spawania.

Tablica 1.10. Specyfikacja drutu spawalniczego TIG ESAB TIGROD 12.64, średnica 2,4mm – drut nr 9

Produce nt	Klasyfikacja	SKŁAD CHEMICZNY [%]:			Granica plastyczności Re, MPa	Wytrzymałość na rozciąganie Rm, MPa	Wydłużenie A5, %
		C	Si	Mn			
ESAB	PN-EN-12536: OI AWS A 5.2: R45 PN-88/M-69420: SPG1	Max. 0,10	0,03	0,35-0,65	330	450	20

Drut stalowy goły stosowany głównie do spawania acetylenowo-tlenowego oraz do spawania automatycznego, półautomatycznego stali konstrukcyjnych niskowęglowych. Wykorzystywany do wykonania spoin czołowych i pachwinowych.

Tablica 1.11. Specyfikacja drutu spawalniczego TIG ESAB TIGROD 12.64, średnica 2,4mm – drut nr 10

Producent	Klasyfikacja	SKŁAD CHEMICZNY [%]:			Granica plastyczności Re, MPa	Wytrzymałość na rozciąganie Rm, MPa	Wydłużenie A5, %
		C	Si	Mn			
Tysweld	EN ISO 14341-A: G4Si1 EN ISO 636A: W4Si1 AWS A5.18: ER 70S-6	0,10	1,0	1,7	525	595	26

Spoiwo o zwiększonej zawartości składników Si-Mn w porównaniu z OK 12.51 i OK 12.61, zapewniające wyższą wytrzymałość spoiwa i odporność na zanieczyszczenia powierzchni spawanych elementów. Do spawania stali niskowęglowych i niskostopowych.

Tablica 1.12. Specyfikacja drutu spawalniczego 308 LSI, średnica 2,4mm, drut nr 12

Producent	Klasyfikacja	SKŁAD CHEMICZNY [%]:						Granica plastyczności Re, MPa	Wytrzymałość na rozciąganie Rm, MPa	Wydłużenie A5, %
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo			
Tysweld	AWS A5.9-93 ER 308LSi	0,01	0,8	1,7	20	10	0,2	560	470	26

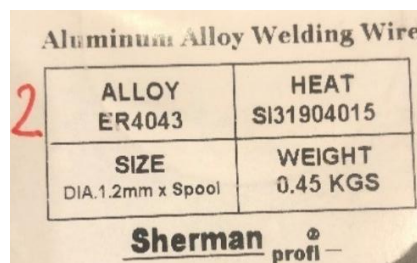
NSW3DM – Nowa generacja bezpośrednich ciągarek do procesu wytwarzania drutów spawalniczych zintegrowana z linią do ich chemicznego miedziowania, nr POIR.01.01.01-00-0264/19 w ramach Działania 1.1 Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014 – 2020 przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

DIN 8556									
Druć spawalniczy TIG 308LSi to spoiwo austenityczne o bardzo niskiej zawartości węgla, do spawania stali odpornych na korozję									

Z kolei na rys. 1.2-1.6 przedstawiono zdjęcia specyfikacji wybranych drutów.



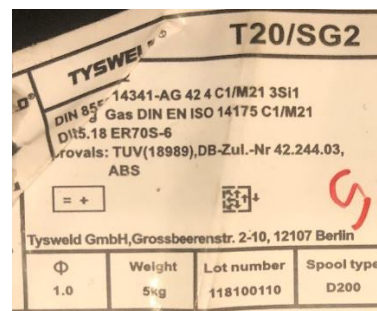
Rys.1.2. Zdjęcie karty informacyjnej drutu proszkowego AWS.A5.20 E71T-GS o średnicy 0,8 mm



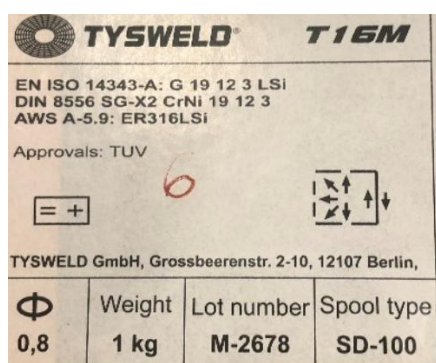
Rys.1.3. Zdjęcie karty informacyjnej drutu AlMg5 (ER4043) o średnicy 1,2 mm



Rys.1.4. Zdjęcie karty informacyjnej drutu spawalniczego AlSi5 (ER4043) o średnicy 1,2 mm



Zdjęcie karty informacyjnej drutu spawalniczego T20/SG2 o średnicy 1,0 mm



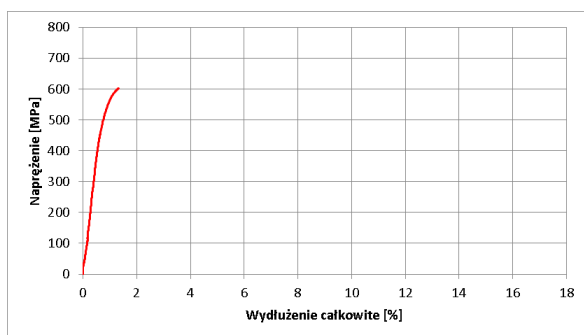
Rys.1.5. Zdjęcie karty informacyjnej drutu ER316LSi o średnicy 0,8 mm



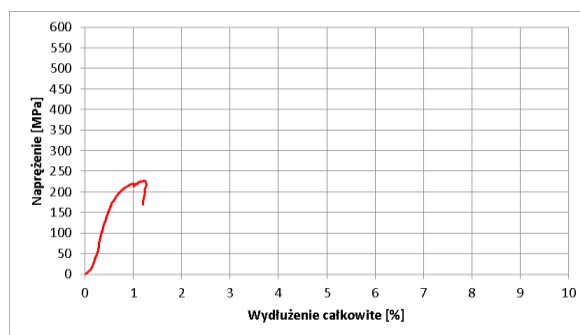
Rys.1.6. Zdjęcie karty informacyjnej drutu AlMg5 (ER5183) o średnicy 0,8 mm

2.0 WYNIKI BADAŃ WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH

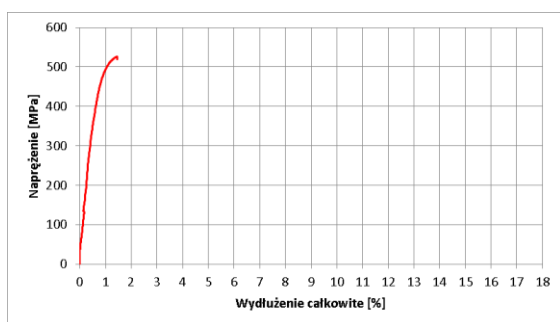
Na rys. 2.7-2.20 przedstawiono charakterystyki rozciągania wytypowanych do badań drutów, na podstawie których wyznaczono wartości wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia całkowitego.



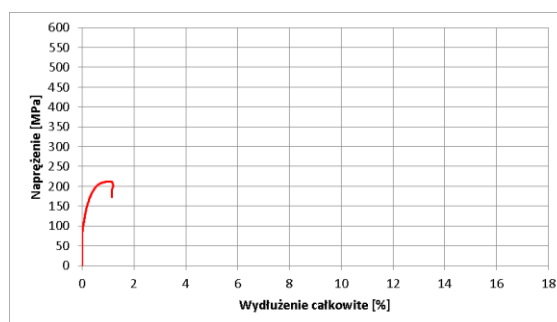
Rys.2.1. Charakterystyka rozciągania drutu E71T-GS w próbie jednoosiowego rozciągania



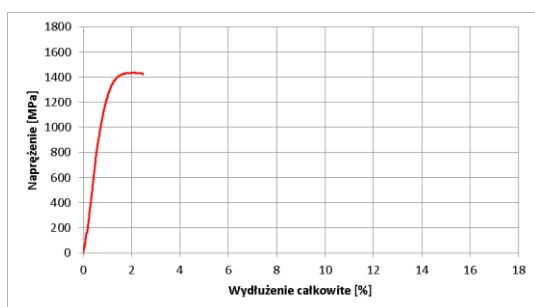
Rys.2.2. Charakterystyka rozciągania drutu ER4043 w próbie jednoosiowego rozciągania



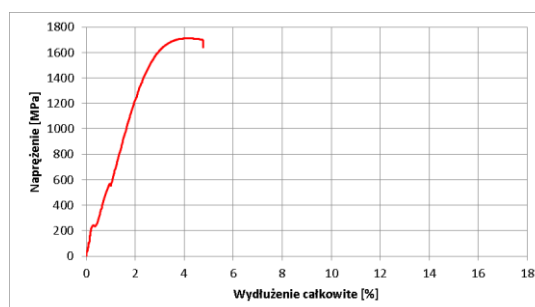
Rys.2.3. Charakterystyka rozciągania drutu ER4043 w próbie jednoosiowego rozciągania



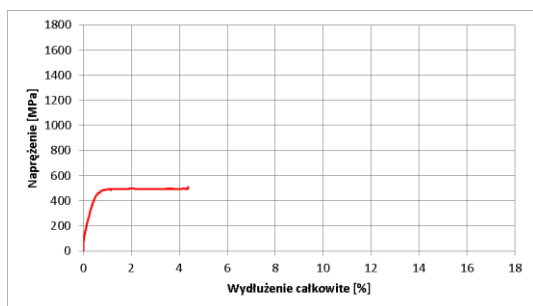
Rys.2.4. Charakterystyka rozciągania drutu SG2 w próbie jednoosiowego rozciągania



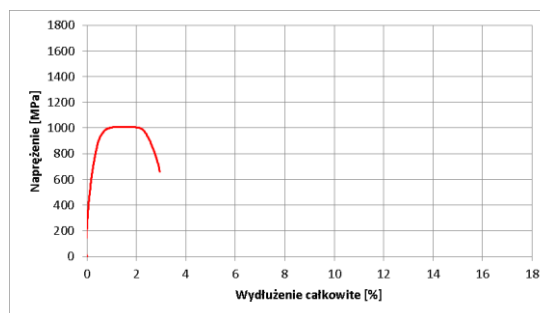
Rys.2.5. Charakterystyka rozciągania drutu ER308LSi w próbie jednoosiowego rozciągania



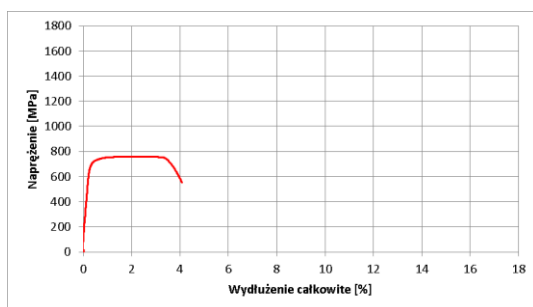
Rys.2.6. Charakterystyka rozciągania drutu ER5183 w próbie jednoosiowego rozciągania



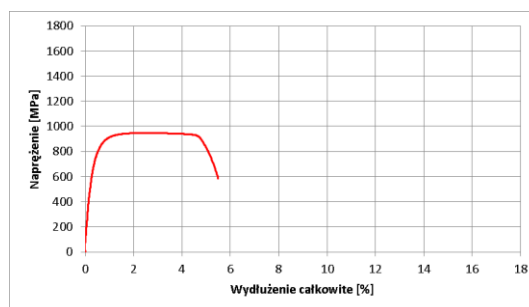
Rys.3.19. Charakterystyka rozciągania drutu LSI z powłoką Cu w próbie jednoosiowego rozciągania



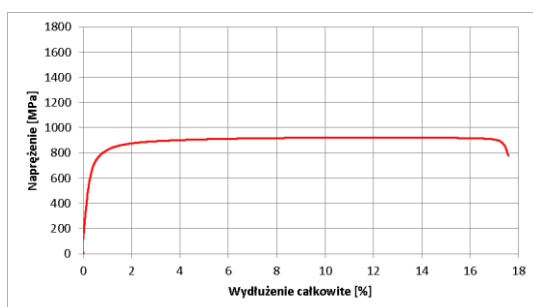
Rys.3.19. Charakterystyka rozciągania drutu LSI z powłoką Cu w próbie jednoosiowego rozciągania



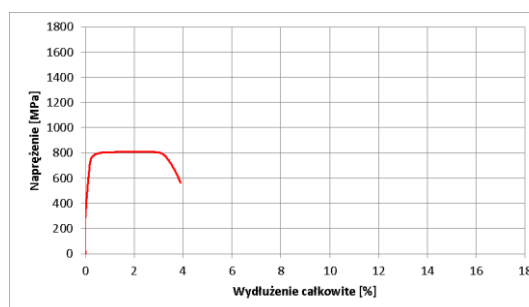
Rys.2.7. Charakterystyka rozciągania drutu LSI z powłoką Cu w próbie jednoosiowego rozciągania



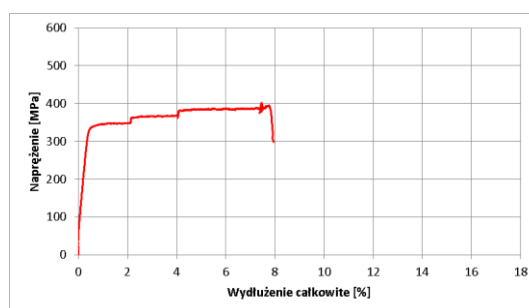
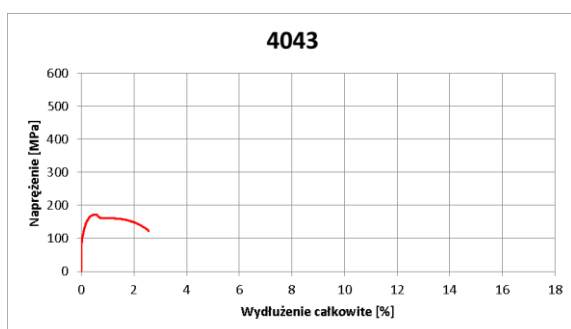
Rys.2.8. Charakterystyka rozciągania drutu LSI z powłoką Cu w próbie jednoosiowego rozciągania



Rys.2.9. Charakterystyka rozciągania drutu 308 LSI w próbie jednoosiowego rozciągania



Rys.2.10. Charakterystyka rozciągania drutu 308 LSI z powłoką Cu w próbie jednoosiowego rozciągania



Rys.2.11. Charakterystyka rozciągania drutu 4043 z
w próbie jednoosiowego rozciągania

Rys.2.12. Charakterystyka rozciągania drutu AlSi5 z
w próbie jednoosiowego rozciągania

Tablica 2.1. Zestawienie własności mechanicznych badanych drutów spawalniczych

Oznaczenie próbki	Średnica drutu [mm]	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	Wydłużenie całkowite [%]
E71T-GS	0,81	602	1,32
ER4043	1,22	227	1,40
ER4043	0,77	526	1,47
SG2	0,98	211	1,14
ER308LSi	0,98	1434	2,47
ER5183	0,77	1710	4,78
ER5183	0,79	506	4,37
ER 70S-6	2,17	1009	2,95
4043	3,20	172	2,54
5356	2,43	402	7,94
ER 70S-6 powłoka Cu	2,39	946	5,49
ESAB materiał wsadowy	2,45	757	4,07
308 LSI powłoka Cu	2,39	809	3,89
308 LSI	2,39	922	17,57

3.0 BADANIA CHARAKTERYSTYK UMACNIANIA SIĘ DRUTÓW SPAWALNICZYCH W PROCESIE CIĄGNIENIA

Cel badań

Badania umacniania się drutów na bazie aluminium i stali miały na celu określenie charakteru umacniania się drutów w procesie ciągnięcia. W szczególności chodzi o określenie podatności do odkształcalności w procesie ciągnięcia ww. materiałów w warunkach odkształcenia rzeczywistego na poziomie 2,5.

Program badań oraz stanowiska badawcze

Do badań wytypowano druty spawalnicze na bazie aluminium i stopów aluminium oraz na bazie stali:

- (a) druty aluminiowe w gat. EN AW-1350 – referencyjne wyniki badań,
- (b) druty ze stopu aluminium AlMg5 o średnicy początkowej 2,4 mm (ER5183),
- (c) druty ze stopu aluminium AlSi5 o średnicy początkowej 3,2 mm (ER4043),
- (d) druty stalowe typu T1S,
- (e) druty stalowe ER 70S-6,
- (f) druty stalowe 308 LSI.

Badania własności wytrzymałościowych drutów uzyskanych w procesie ciągnięcia przeprowadzono dla każdego materiału i średnicy drutu. Testy przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej Zwick/Roell BT1-FB020TN.D30 firmy Zwick GmbH & Co.

Statyczna próba rozciągania jest najpowszechniej stosowaną próbą do analizy własności wytrzymałościowych przy doborze materiałów na różnego rodzaju konstrukcje. Jest to próba łatwa, dokładna i wszechstronna, przeprowadzana zgodnie z zaleceniami norm. Próby statyczne cechuje mała prędkość przyrostu naprężenia. Pozwala ona na określenie stanu naprężenia pojawiającego się w materiale, który przyjmuje charakter jednorodny aż do momentu pojawienia się szyjki (przewężenia materiału). Próba jednoosiowego rozciągania umożliwia obserwację przebiegu całego procesu rozciągania w całym zakresie odkształceń sprężystych i sprężysto-plastycznym aż do zniszczenia próbki. Cechy charakterystyczne próby to: duża prostota realizacji

badania; możliwość analizy nie tylko ilościowej, lecz również jakościowej, a co najważniejsze możliwość wyznaczenia szeregu parametrów charakteryzujących mechaniczne właściwości materiału.

Celem próby jest wyznaczenie:

- ⇒ Umownej granicy plastyczności,
- ⇒ Wytrzymałości na rozciąganie,
- ⇒ Przewężenia względnego,
- ⇒ Wydłużenia względnego

W celu wyznaczania charakterystyk umacniania się materiału w procesie ciągnięcia, uzyskane druty po każdej redukcji średnicy poddano próbie jednoosiowego rozciągania zgodnie z normą PN-EN 10002-1. Baza pomiarowa próbek wynosiła 100 mm, a prędkość ruchu trawersy 50 mm/min. Uzyskane wyniki własności mechanicznych dla każdej redukcji średnicy drutu pozwoliły na skonstruowanie TKU (technologicznej krzywej umocnienia). Otrzymane wartości i obliczone na ich podstawie wielkości przedstawiono w postaci graficznej-wielkości naprężenia w funkcji odkształcenia dla każdego z wariantów materiałowych oraz w postaci stabelaryzowanej.

3.1. Wyniki badań

Wyniki badań zostały przedstawione w postaci tablic i wykresów ilustrujących zależności własności mechanicznych i wielkości odkształcenia. Wyniki zostały zaprezentowane oddzielnie dla 56 rodzajów materiałów w poniższych podrozdziałach.

Do badań charakteru umacniania się w procesie ciągnięcia drutów spawalniczych ze stopu aluminium AlSi5 wytypowane materiał wsadowy o średnicy początkowej 9,5 mm. W tym przypadku zastosowano schemat odkształcenia zgodnie z danymi przedstawionymi w tablicy 3.1.

Tablica 3.1. Szczegółowe dane dotyczące kompletnego garnituru ciągadeł oraz wartości jednostkowych współczynników wydłużenia i odkształcenia drutów aluminiowych dla poszczególnych redukcji średnic w zakresie średnic od 9,5 mm do 0,8 mm.

Nr ciągu	d	S	λ_j	ϵ_c	ϵ_r
	[mm]	[mm ²]	[-]	[%]	[-]
0	9,50	70,85	0	0	0
1	8,45	56,05	1,26	20,9	0,23
2	7,45	43,57	1,29	38,5	0,49
3	6,64	34,61	1,26	51,1	0,72
4	6,00	28,26	1,22	60,1	0,92
5	5,46	23,40	1,21	67,0	1,11
6	5,03	19,86	1,18	72,0	1,27
7	4,48	15,76	1,26	77,8	1,50
8	3,96	12,31	1,28	82,6	1,75
9	3,48	9,51	1,29	86,6	2,01
10	2,95	6,83	1,39	90,4	2,34
11	2,44	4,67	1,46	93,4	2,72
12	2,18	3,73	1,25	94,7	2,94
13	1,95	2,98	1,25	95,8	3,17
14	1,66	2,16	1,38	96,9	3,49
15	1,47	1,70	1,28	97,6	3,73
16	1,28	1,29	1,32	98,2	4,01
17	1,12	0,98	1,31	98,6	4,28
18	0,98	0,75	1,31	98,9	4,54
19	0,89	0,62	1,21	99,1	4,74
20	0,79	0,49	1,27	99,3	4,97

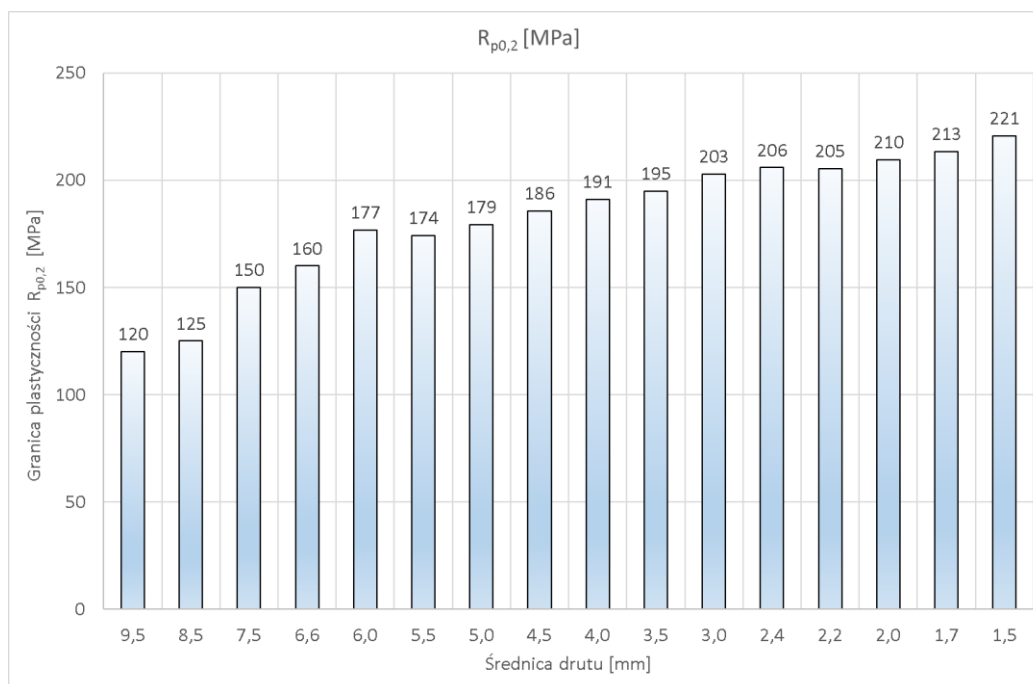
Finalna średnica drutu 0,8 mm otrzymana została przy zastosowaniu 20 ciągów technologicznych. Zastosowane do procesu ciągnięcia ciągadła oraz druty wytworzone przy ich użyciu przedstawione zostały na

rysunku 3. Po każdym stopniu ciągarńczym została zweryfikowana średnica drutów. Wyniki przedstawiono w tablicy 3.2.

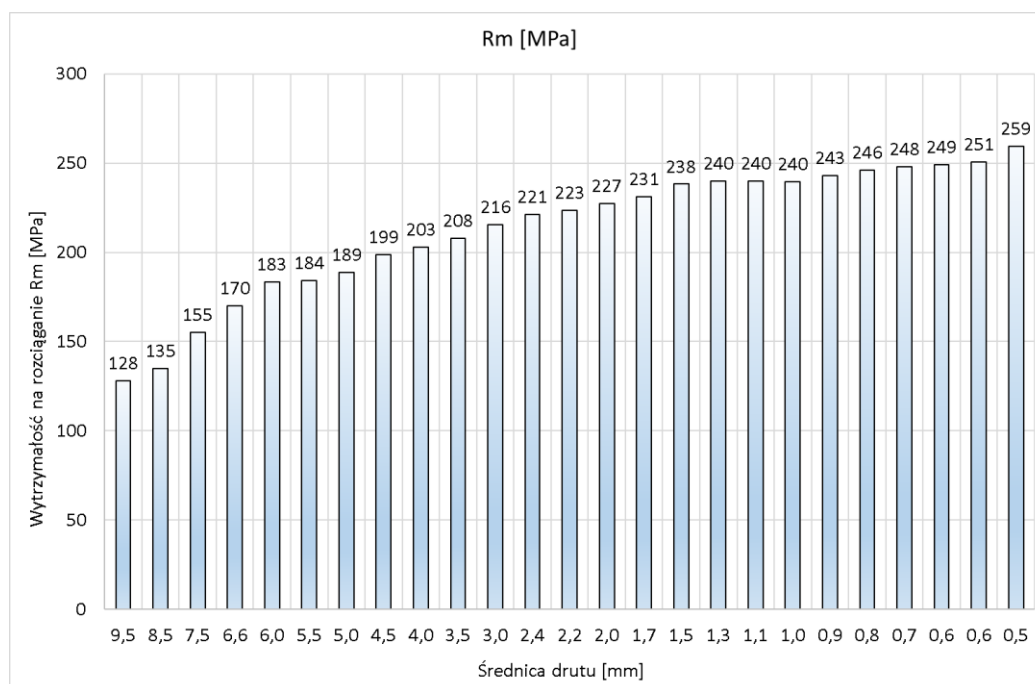
Tablica 3.2. Własności mechanicznych drutów z aluminium w gat. EN AW-1350 uzyskanych w procesie ciągnięcia w zakresie średnic od 9,5 mm do 0,8 mm.

Nr ciagu	d	S	R _{p0.2}	R _m	A ₂₀₀
	[mm]	[mm ²]	MPa	MPa	%
0	9,5	70,85	120	128	17
1	8,45	56,05	125	135	8
2	7,45	43,57	150	155	4
3	6,64	34,61	160	170	3
4	6	28,26	176,79	183,38	2,62
5	5,46	23,40	174,04	184,3	3,95
6	5,03	19,86	179,4	188,89	3,81
7	4,48	15,76	185,5	198,56	4,08
8	3,96	12,31	190,99	202,76	3,71
9	3,48	9,51	194,77	207,96	4,5
10	2,95	6,83	202,89	215,51	3,95
11	2,44	4,67	205,83	221,36	2,59
12	2,18	3,73	205,31	223,42	3,76
13	1,95	2,98	209,53	227,46	3,13
14	1,66	2,16	213,39	231,04	2,87
15	1,47	1,70	220,61	238,21	2,01
16	1,28	1,29	b.d.	240	3,05
17	1,12	0,98	b.d.	240	2,02
18	0,98	0,75	b.d.	239,51	2,5
19	0,89	0,62	b.d.	243,1	1,99
20	0,79	0,49	b.d.	246,01	2,64

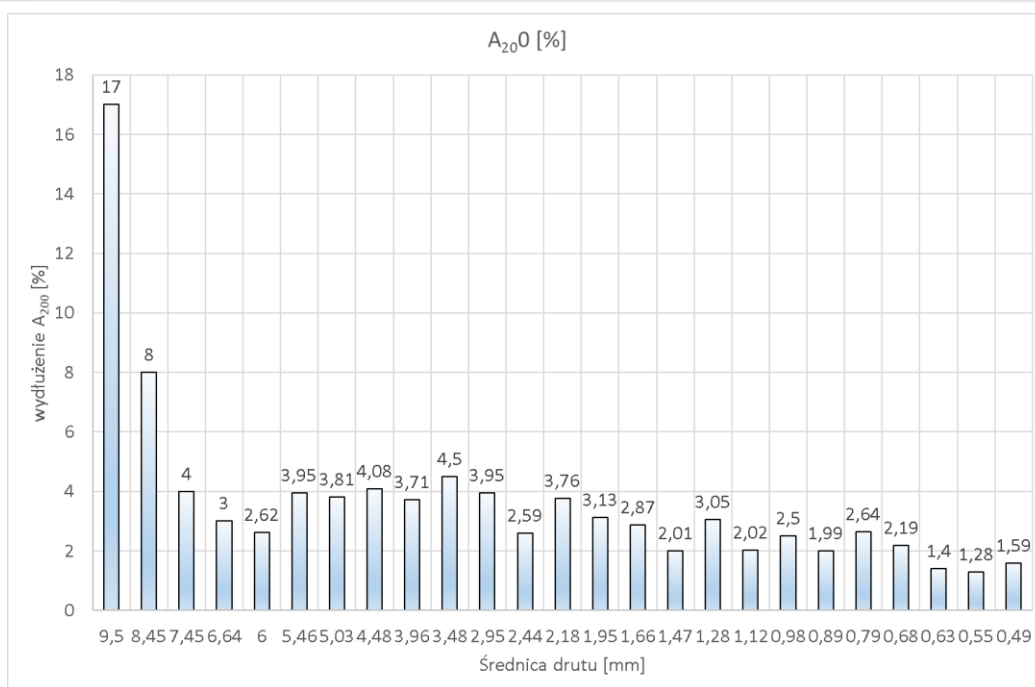
Na rys.3.1-3.3 przedstawiono wartości wytrzymałości na rozciąganie, umownej granicy plastyczności oraz wydłużenia całkowitego drutów o różnych średnicach uzyskanych w procesie ciągnięcia.



Rys.3.1. Zmiana granicy plastyczności $R_{p0,2}$ dla drutów aluminiowych o różnych średnicach po procesie ciągnięcia

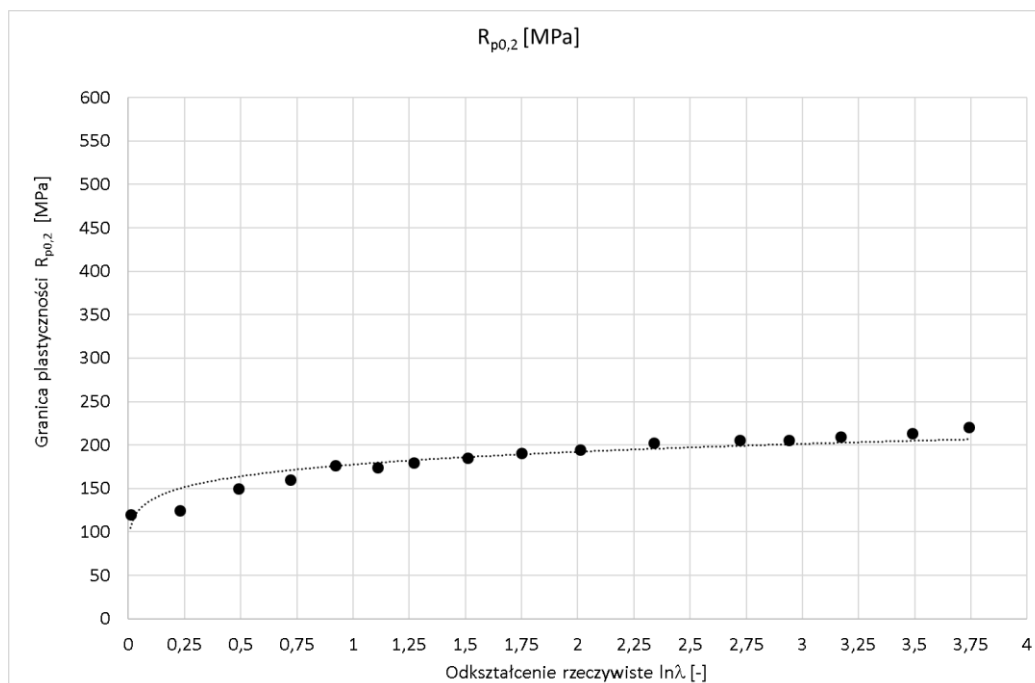


Rys.3.2. Zmiana wytrzymałości na rozciąganie dla drutów aluminiowych o różnych średnicach po procesie ciągnięcia

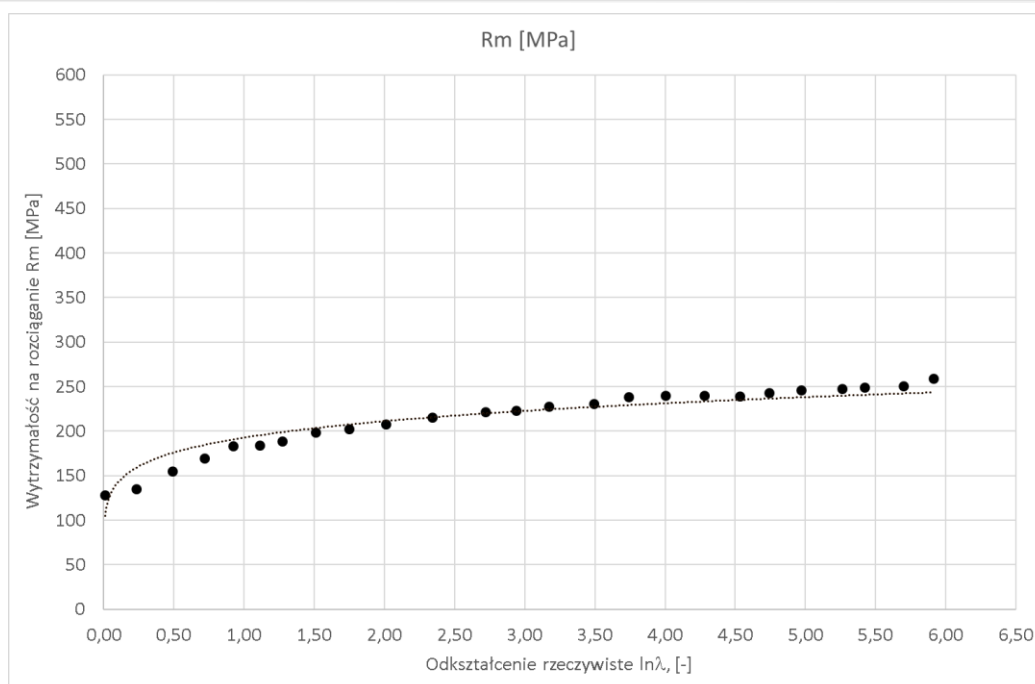


Rys.3.3. Charakterystyka zmiany wydłużenia drutów aluminiowych w zależności od średnicy drutu

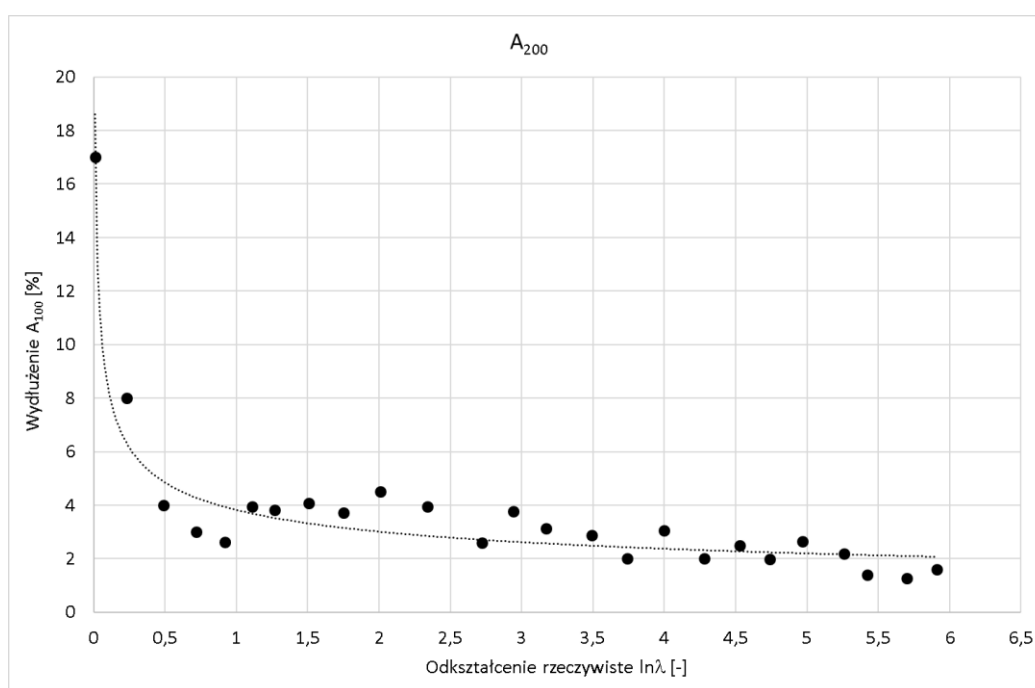
W celu określenia charakteru umacniania skonstruowano zależności R_m , $R_{p0,2}$ oraz A_{100} w funkcji wielkości odkształcenia rzeczywistego. Wyniki zostały przedstawione na rys. 3.4-3.6.



Rys.3.4. Zależność granicy plastyczności w funkcji odkształcenia rzeczywistego drutów EN AW-1350 po procesie ciągnięcia



Rys.3.5. Zależność wytrzymałości na rozciąganie w funkcji odkształcenia rzeczywistego drutów EN AW-1350 po procesie ciągnięcia



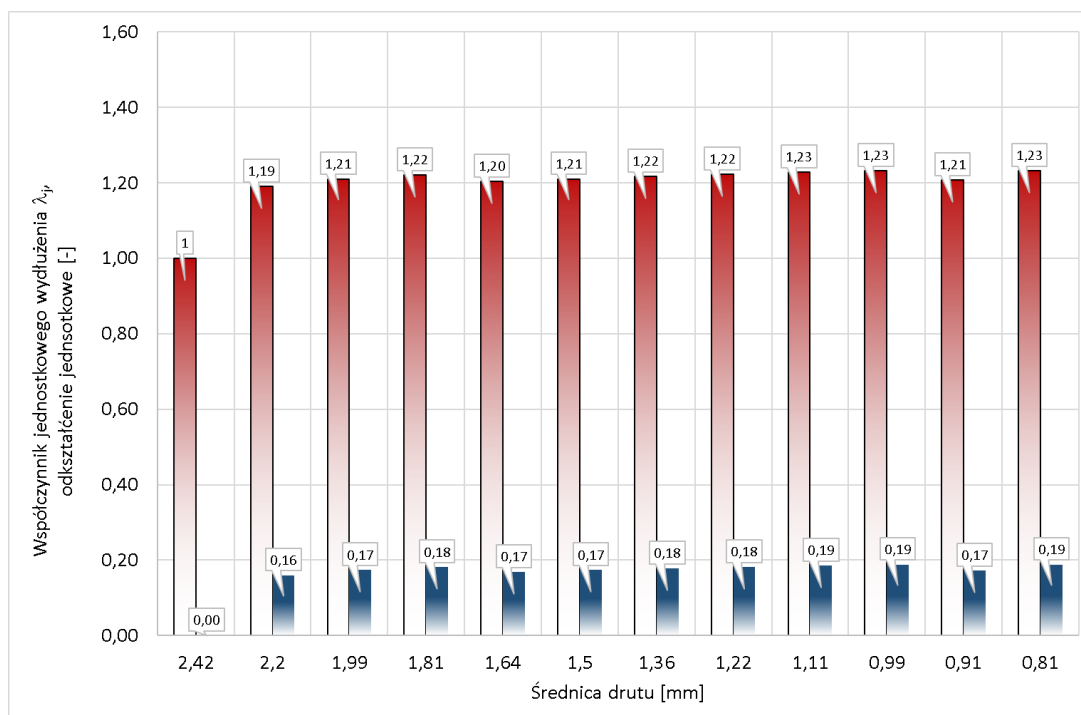
Rys.3.6. Zależność wydłużenia całkowitego w funkcji odkształcenia rzeczywistego drutów EN AW-1350 po procesie ciągnięcia

Charakterystyki umacniania się w procesie ciągnięcia drutów spawalniczych ze stopu AlMg5 (ER 5183)

Do badań charakteru umacniania się w procesie ciągnięcia drutów spawalniczych ze stopu aluminium AlSi5 wytypowano materiał wsadowy o średnicy początkowej 2,4 mm. W tym przypadku zastosowano schemat odkształcenia zgodnie z danymi przedstawionymi w tablicy 3.3., a na rys. 3.7 przedstawiono rozkład jednostkowych współczynników wydłużenia oraz odkształcenia (redukcji średnicy).

Tablica 3.3. Własności mechaniczne drutów AlMg5 uzyskanych w procesie ciągnięcia w zakresie średnic od 2,4 mm do 0,8 mm.

Nr ciagu	D	S	λ_f	ϵ_c	ϵ_r
	[mm]	[mm ²]	[-]	[%]	[-]
0	2,40	4,52	-	0	0
1	2,20	3,80	1,19	16,0	0,17
2	2,00	3,14	1,21	30,6	0,36
3	1,81	2,57	1,22	43,1	0,56
4	1,65	2,14	1,20	52,7	0,75
5	1,50	1,77	1,21	60,9	0,94
6	1,36	1,45	1,22	67,9	1,14
7	1,23	1,19	1,22	73,7	1,34
8	1,11	0,97	1,23	78,6	1,54
9	1,00	0,79	1,23	82,6	1,75
10	0,91	0,65	1,21	85,6	1,94
11	0,82	0,53	1,23	88,3	2,15



Rys.3.7. Rozkład jednostkowych współczynników wydłużenia i odkształcenia w procesie ciągnięcia

Finalna średnica drutu 0,8 mm otrzymana została przy zastosowaniu 14 ciągów technologicznych. Zastosowane do procesu ciągnięcia ciągnadła oraz druty wytworzone przy ich użyciu przedstawione zostały na rysunku 3.8. Po każdym stopniu ciągniczym została zweryfikowana średnica drutów. Wyniki przedstawiono w tablicy 3.4.

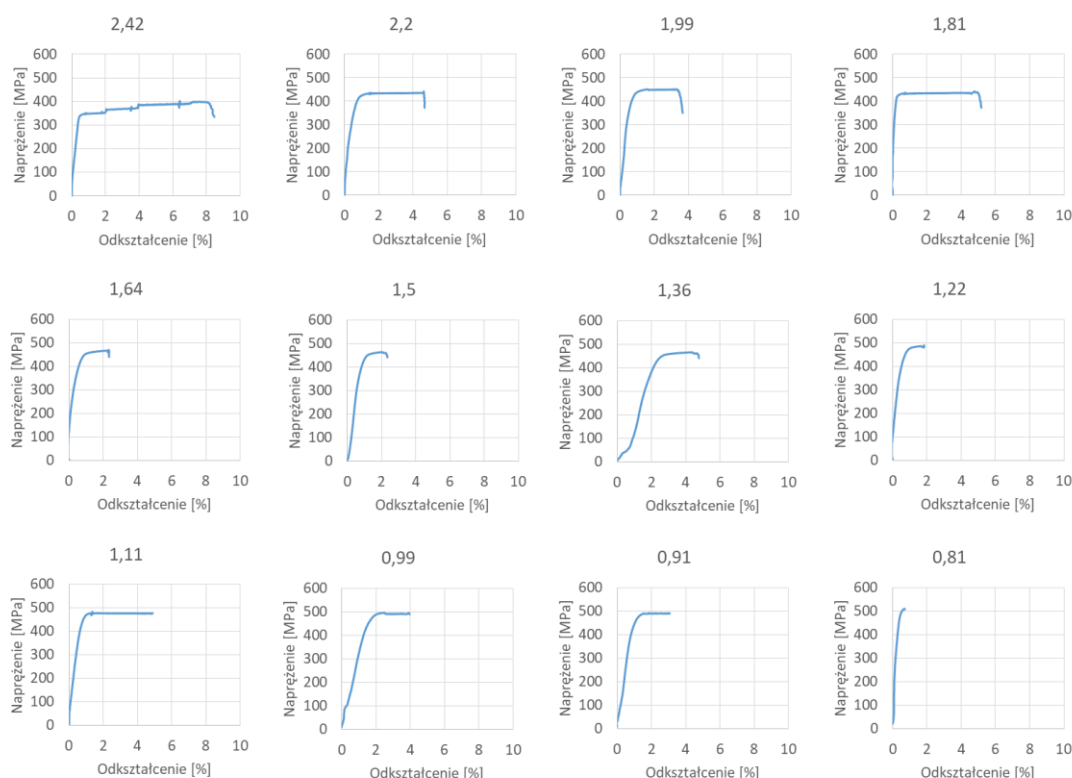


Rys.3.8. Zdjęcie ciągnadeł oraz drutów ze stopu aluminium AlMg5 poddanych procesowi ciągnięcia

Tablica 3.4. Wartości średnic drutów wykonanych ze stopu aluminium AlMg5 po procesie ciągnięcia, zmierzone przy wykorzystaniu śruby mikrometrycznej.

Nr ciagu	Średnica ciagaadeł	Pomiar śrubą mikrometryczną			Wartość średnia drutów
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
0	2,42	2,417	2,426	2,419	2,42
1	2,20	2,21	2,209	2,215	2,21
2	2,00	1,992	1,992	1,992	1,99
3	1,81	1,805	1,803	1,808	1,81
4	1,65	1,65	1,639	1,643	1,64
5	1,50	1,498	1,496	1,495	1,50
6	1,36	1,354	1,358	1,36	1,36
7	1,23	1,225	1,224	1,225	1,22
8	1,11	1,107	1,108	1,108	1,11
9	1,00	0,992	0,987	0,993	0,99
10	0,91	0,908	0,906	0,905	0,91
11	0,82	0,811	0,812	0,812	0,81

W kolejnym etapie każdy drut został poddany badaniom własności mechanicznych w celu opracowania krzywych umocnienia tj. zależności własności wytrzymałościowych w funkcji wielkości odkształcenia. W wyniku próby rozciągania wyznaczono wartości umownej granicy plastyczności, wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia całkowitego drutów. Na rys.3.9 przedstawiono charakterystyki rozciągania drutów po różnym stopniu ciągniczym a w tablicy opracowane na ich podstawie wartości $R_{p0,2}$, R_m oraz A_{100} .

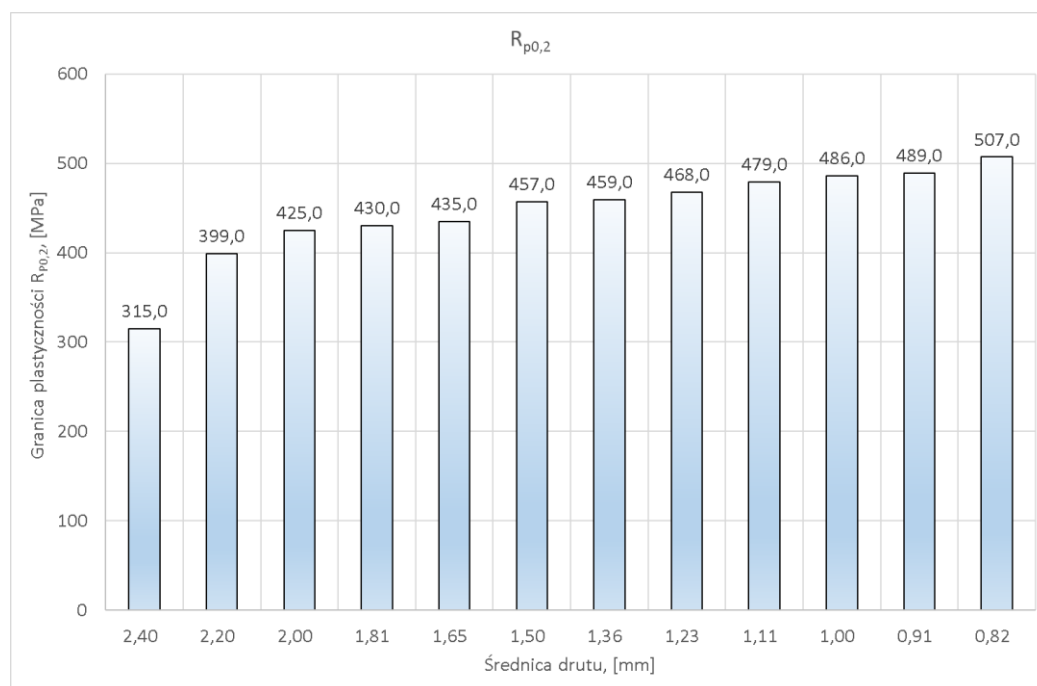


Rys.3.9. Wykresy zależności naprężenie-odkształcenie drutów AlMg5 o różnych średnicach w próbie jednosiowego rozciągania

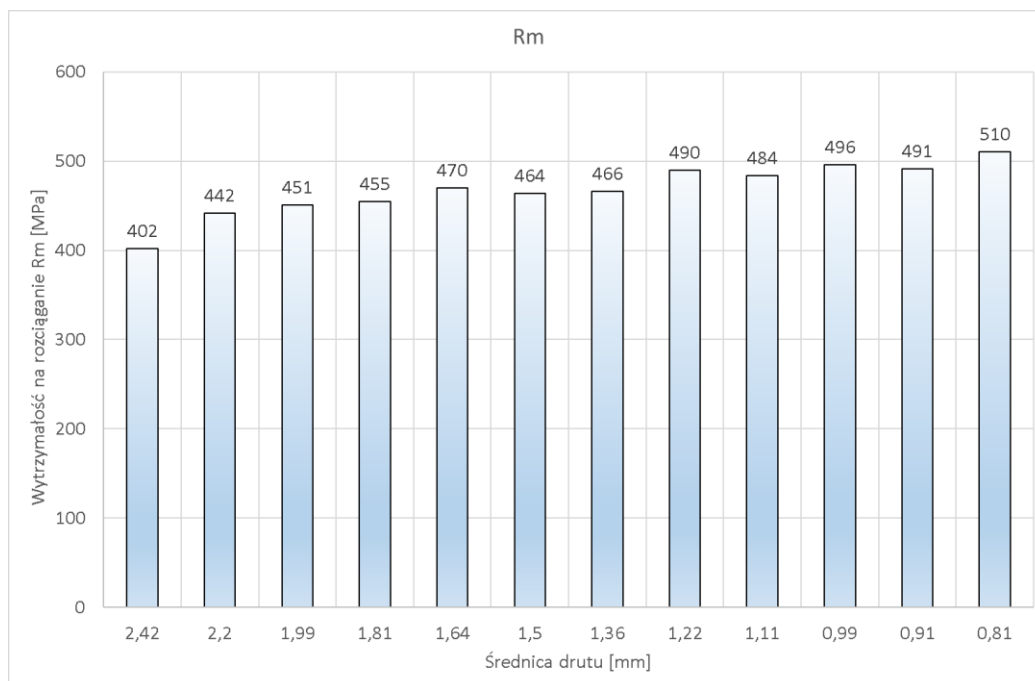
Tablica 3.5. Własności mechaniczne drutów AlMg5 uzyskanych w procesie ciągnięcia w zakresie średnic od 2,42 mm do 0,8 mm.

Nr ciągu	d [mm]	S [mm ²]	F _{max} [N]	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A ₁₀₀ [%]
0	2,42	4,60	1847,9	315,0	401,7	8,47
1	2,2	3,80	1679,5	399,0	441,8	4,69
2	1,99	3,11	1402,0	425,0	450,8	3,66
3	1,81	2,57	1169,9	430,0	454,7	5,39
4	1,64	2,11	992,9	435,0	470,0	2,34
5	1,5	1,77	819,7	457,0	463,8	2,34
6	1,36	1,45	677,3	459,0	466,2	4,77
7	1,22	1,17	572,6	468,0	489,9	1,83
8	1,11	0,97	468,2	479,0	483,8	4,89
9	0,99	0,77	381,5	486,0	495,6	3,96
10	0,91	0,65	319,7	489,0	491,5	3,07
11	0,81	0,52	262,8	507,0	510,1	0,71

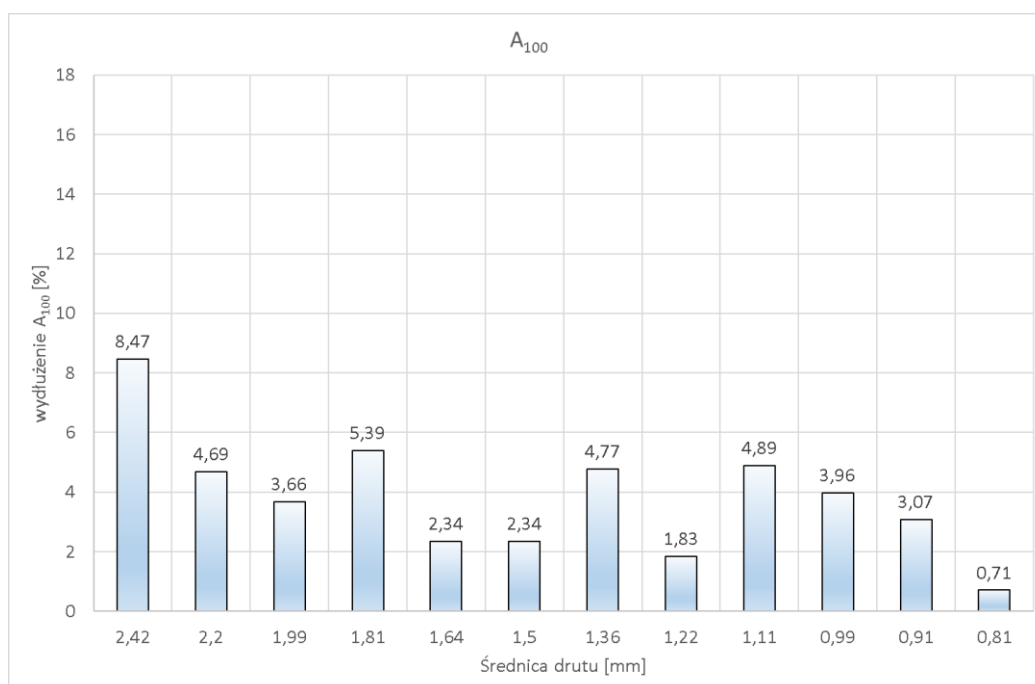
Na rys.3.10-3.12 przedstawiono wartości wytrzymałości na rozciąganie, umownej granicy plastyczności oraz wydłużenia całkowite drutów o różnych średnicach uzyskanych w procesie ciągnięcia.



Rys.3.10. Charakterystyka zmiany umownej granicy plastyczności drutów wykonanych ze stopu aluminium AlMg5 w zależności od średnicy drutu

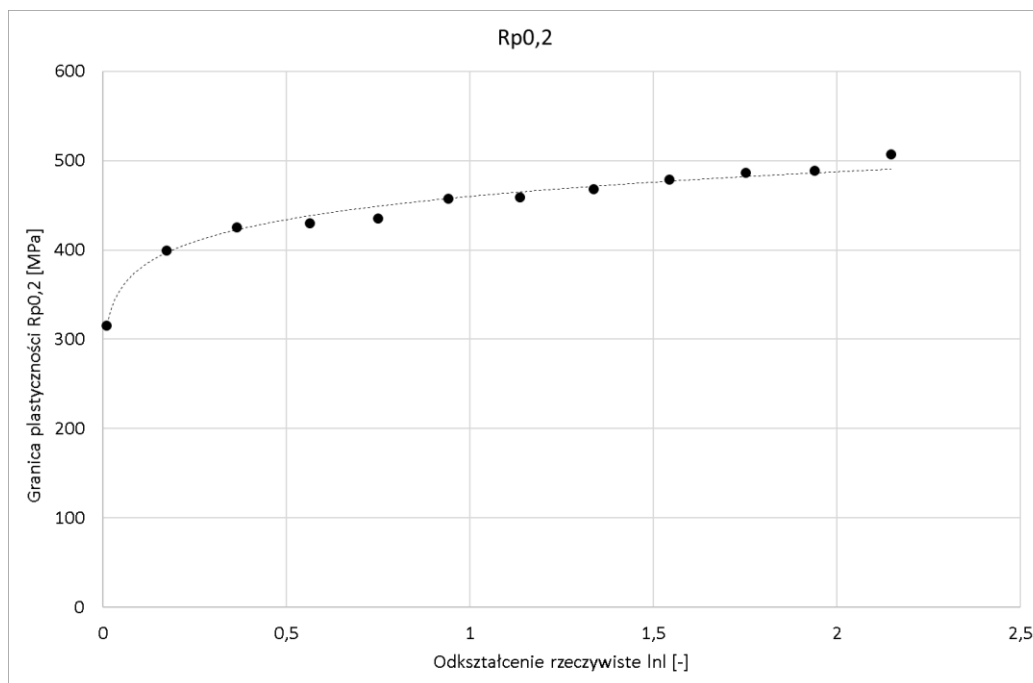


Rys.3.11. Charakterystyka zmiany wytrzymałości na rozciąganie drutów wykonanych ze stopu aluminium AlMg5w zależności od średnicy drutu

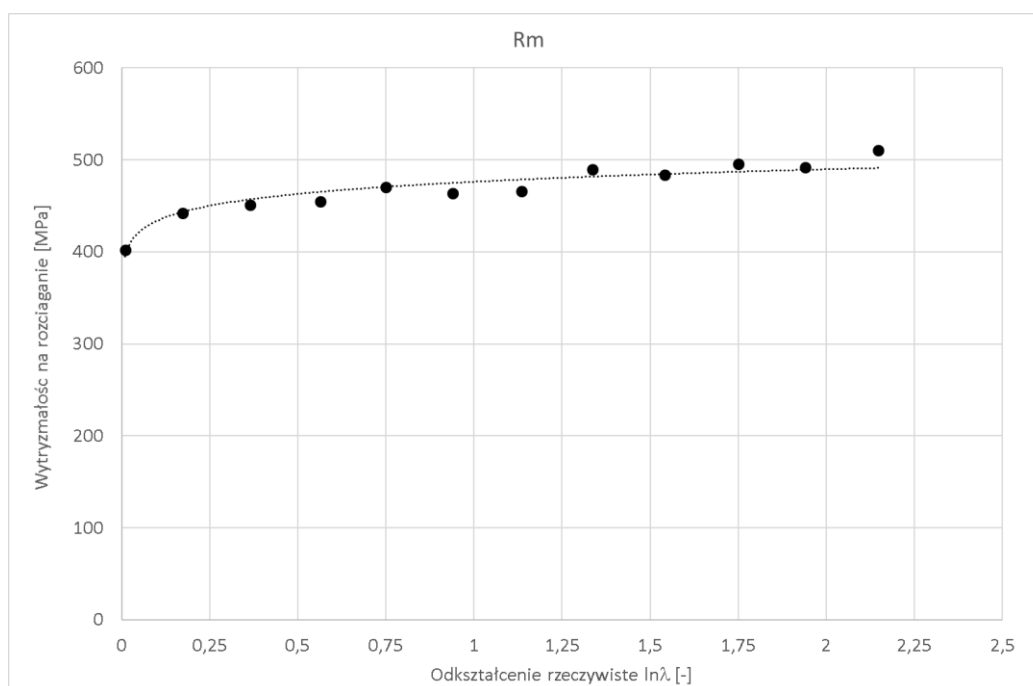


Rys.3.12. Charakterystyka zmiany wydłużenia całkowitego drutów wykonanych ze stopu aluminium AlMg5 w zależności od średnicy drutu

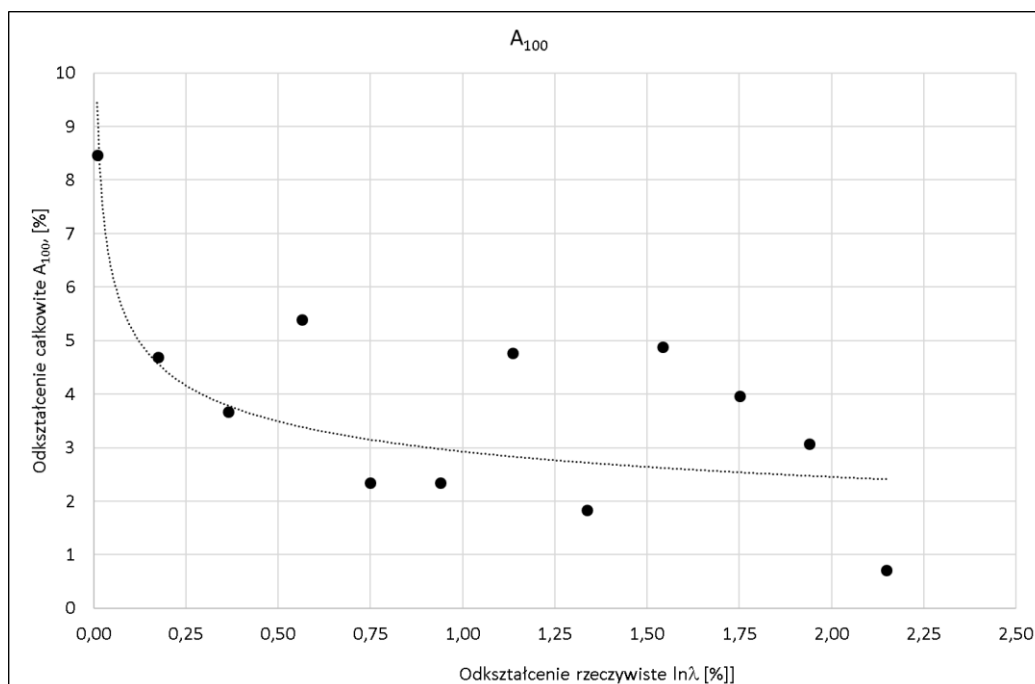
W celu określenia charakteru umacniania skonstruowano zależności R_m , $R_{p0,2}$ oraz A_{100} w funkcji wielkości odkształcenia rzeczywistego, Wyniki zostały przedstawione na rys. 3.13, 3.14 i 3.15.



Rys.3.13. Zależność granicy plastyczności w funkcji odkształcenia rzeczywistego drutów wykonanych ze stopu aluminium AlMg5 po procesie ciągnięcia



Rys.3.14. Zależność wytrzymałości na rozciąganie w funkcji odkształcenia rzeczywistego drutów wykonanych ze stopu aluminium AlMg5 po procesie ciągnięcia



Rys.3.15. Zależność wydłużenia całkowitego w funkcji odkształcenia rzeczywistego drutów wykonanych ze stopu aluminium AlMg5 po procesie ciągnięcia

Charakterystyki umacniania się w procesie ciągnięcia drutów spawalniczych ze stopu AlSi5 (ER 4043)

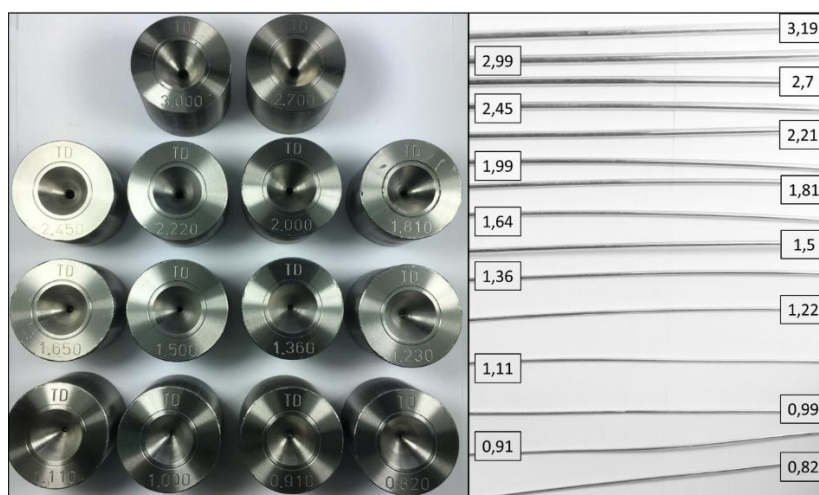
Do badań charakteru umacniania się w procesie ciągnięcia drutów spawalniczych ze stopu aluminium AlSi5 wytypowane materiał wsadowy o średnicy początkowej 3,2 mm. W tym przypadku zastosowano schemat odkształcenia zgodnie z danymi przedstawionymi w tablicy 3.6.

Tablica 3.6. Parametry schematu odkształcenia procesu ciągnięcia drutów AlSi5 w zakresie średnic od 3,2mm do 0,8 mm.

Nr ciągu	d	S	λ_j	ϵ_c	$\ln\lambda$
	[mm]	[mm ²]	[-]	[%]	[-]
0	3,20	8,04	-	0	0
1	3,00	7,07	1,14	12,1	0,13
2	2,70	5,72	1,23	28,8	0,34
3	2,45	4,71	1,21	41,4	0,53
4	2,20	3,80	1,24	52,7	0,75
5	2,00	3,14	1,21	60,9	0,94
6	1,81	2,57	1,22	68,0	1,14
7	1,65	2,14	1,20	73,4	1,32
8	1,50	1,77	1,21	78,0	1,52
9	1,36	1,45	1,22	81,9	1,71
10	1,23	1,19	1,22	85,2	1,91

11	1,11	0,97	1,23	88,0	2,12
12	1,00	0,79	1,23	90,2	2,33
13	0,91	0,65	1,21	91,9	2,51
14	0,82	0,53	1,23	93,4	2,72

Finalna średnica drutu 0,8 mm otrzymana została przy zastosowaniu 14 ciągów technologicznych. Zastosowane do procesu ciągnięcia ciągadła oraz druty wytworzone przy ich użyciu przedstawione zostały na rysunku 3.16. Po każdym stopniu ciągniczym została zweryfikowana średnica drutów. Wyniki przedstawiono w tablicy 3.7.

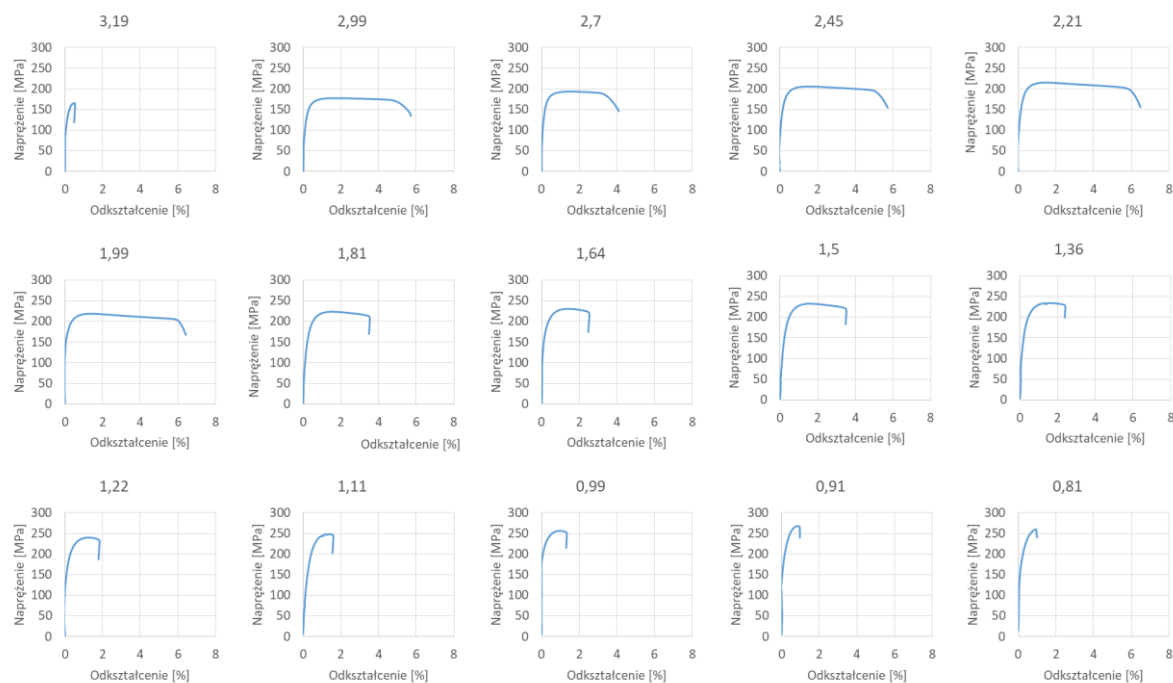


Rys.3.16. Zdjęcie zestawu ciągadeł oraz drutów o różnych średnicach ze stopu aluminium AlSi5

Tablica 3.7. Uśrednione wartości średnicy drutów wykonanych ze stopu aluminium AlSi5 po procesie ciągnięcia, zmierzone przy wykorzystaniu śruby mikrometrycznej

Nr ciągu	Średnica ciągaideł	Pomiar śrubą mikrometryczną			Wartość średnia
	[mm]	[mm]			[mm]
0	3,20	3,187	3,189	3,198	3,19
1	3,00	2,991	2,992	2,993	2,99
2	2,70	2,696	2,693	2,696	2,70
3	2,45	2,459	2,444	2,445	2,45
4	2,20	2,21	2,209	2,215	2,21
5	2,00	1,992	1,992	1,992	1,99
6	1,81	1,805	1,803	1,808	1,81
7	1,65	1,65	1,639	1,643	1,64
8	1,50	1,498	1,496	1,495	1,50
9	1,36	1,354	1,358	1,36	1,36
10	1,23	1,225	1,224	1,225	1,22
11	1,11	1,107	1,108	1,108	1,11
12	1,00	0,992	0,987	0,993	0,99
13	0,91	0,908	0,906	0,905	0,91
14	0,82	0,811	0,812	0,812	0,81

W kolejnym etapie każdy drut został poddany badaniom własności mechanicznych w celu opracowania krzywych umocnienia. W wyniku próby rozciągania wyznaczono wartości umownej granicy plastyczności, wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia całkowite drutów. Na rys.3.17 przedstawiono charakterystyki rozciągania drutów po różnym stopniu ciągniczym a w tablicy opracowane na ich podstawie wartości $R_{p0,2}$, R_m oraz A_{100} .

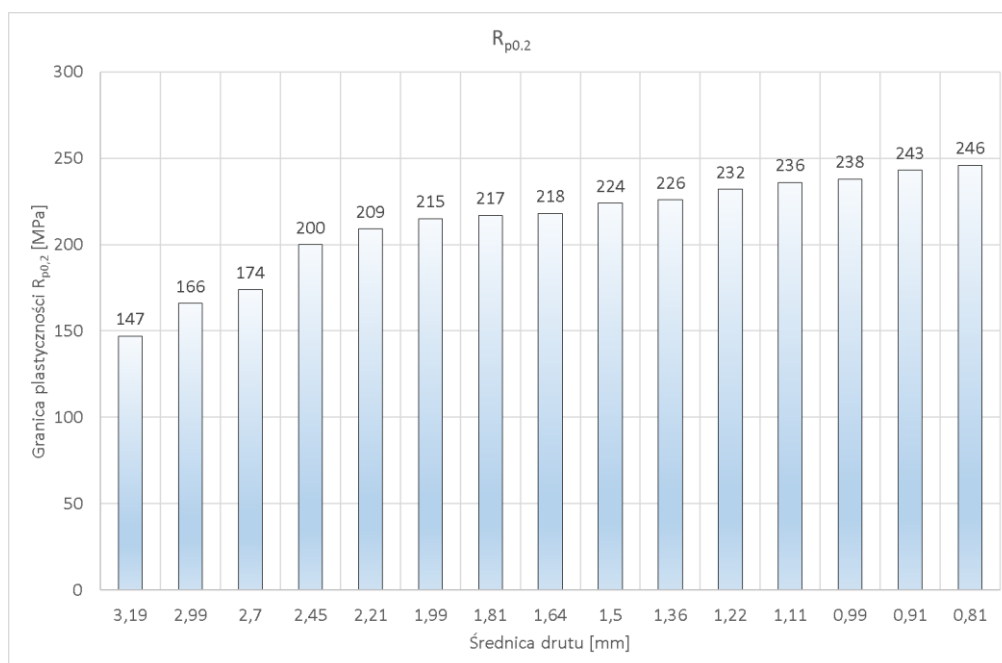


Rys.3.17. Wykresy zależności naprężenie-odkształcenie dla każdej średnicy drutu wykonanych ze stopu aluminium AlSi5

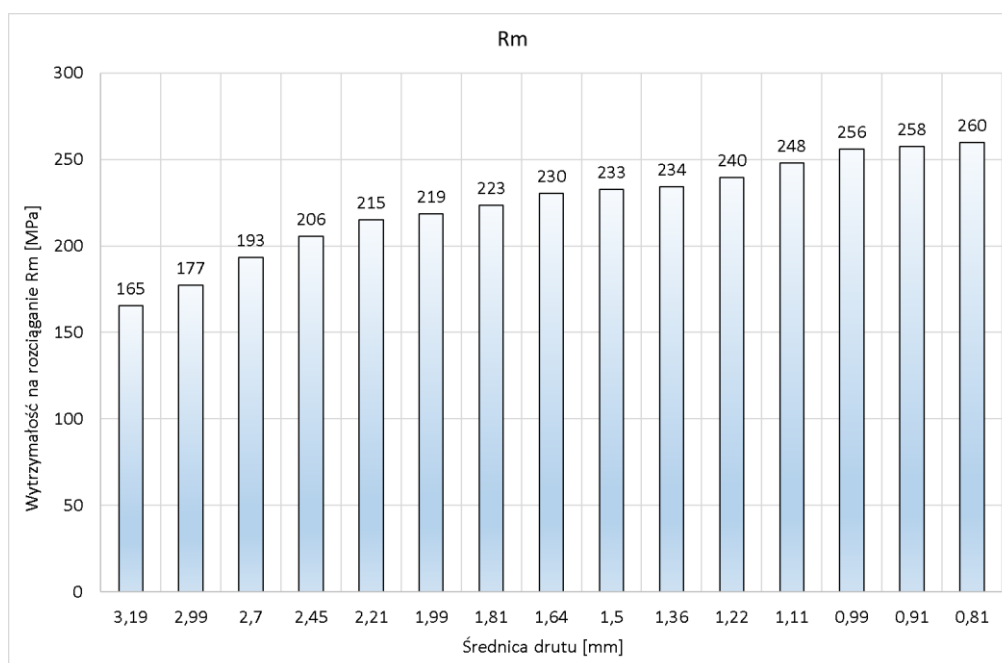
Tablica 3.8. Własności mechaniczne drutów wykonanych ze stopu aluminium AlSi5 uzyskanych w procesie ciągnięcia w zakresie średnic od 3,2 mm do 0,8mm.

Nr ciagu	d_0	S_0	F_{max}	$R_{p0,2}$	R_m	A_{100}
	[mm]	[mm ²]	[N]	[MPa]	[MPa]	[%]
0	3,19	7,99	1321	147,0	165,0	0,54
1	2,99	7,02	1245	166,0	177,4	5,71
2	2,7	5,73	1106	174,0	193,3	4,10
3	2,45	4,71	969	200,0	205,6	5,72
4	2,21	3,84	824	209,0	215,0	6,48
5	1,99	3,11	679	215,0	218,5	6,42
6	1,81	2,57	574	217,0	223,4	3,53
7	1,64	2,11	486	218,0	230,2	2,53
8	1,5	1,77	411	224,0	232,6	3,52
9	1,36	1,45	340	226,0	234,1	2,41
10	1,22	1,17	280	232,0	239,7	1,84
11	1,11	0,97	239	236,0	247,9	1,60
12	0,99	0,77	197	238,0	256,0	1,34
13	0,91	0,65	174	243,0	267,5	0,97
14	0,81	0,52	133	246,0	259,9	0,99

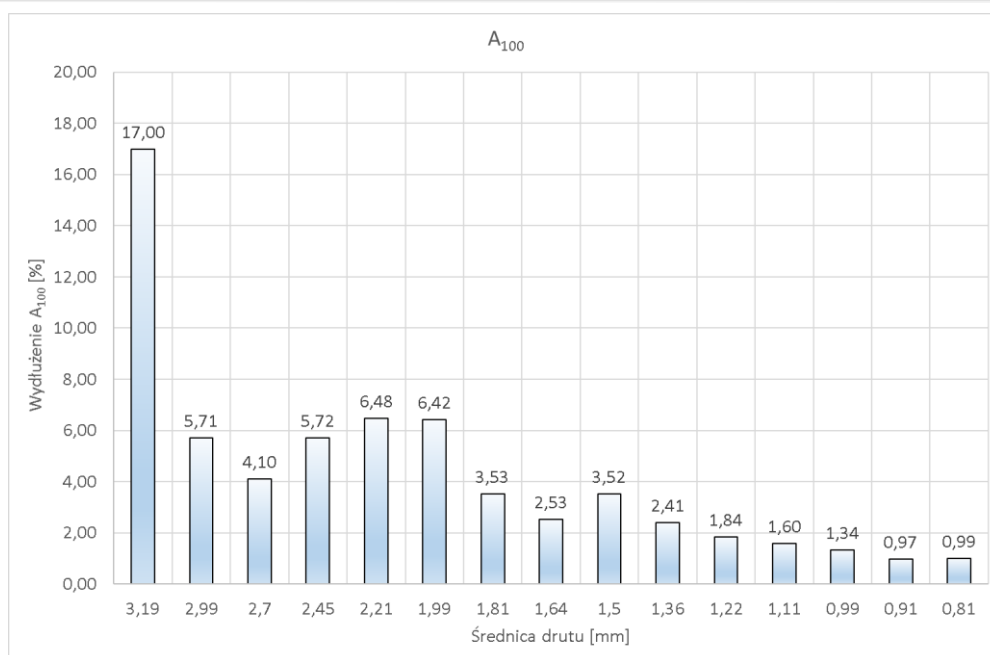
Na rys. 3.18-3.20 przedstawiono wartości wytrzymałości na rozciąganie, umownej granicy plastyczności oraz wydłużenia całkowitego drutów o różnych średnicach uzyskanych w procesie ciągnięcia.



Rys.3.18. Charakterystyka zmiany umownej granicy plastyczności drutów wykonanych ze stopu aluminium AlMg5 w zależności od średnicy drutu

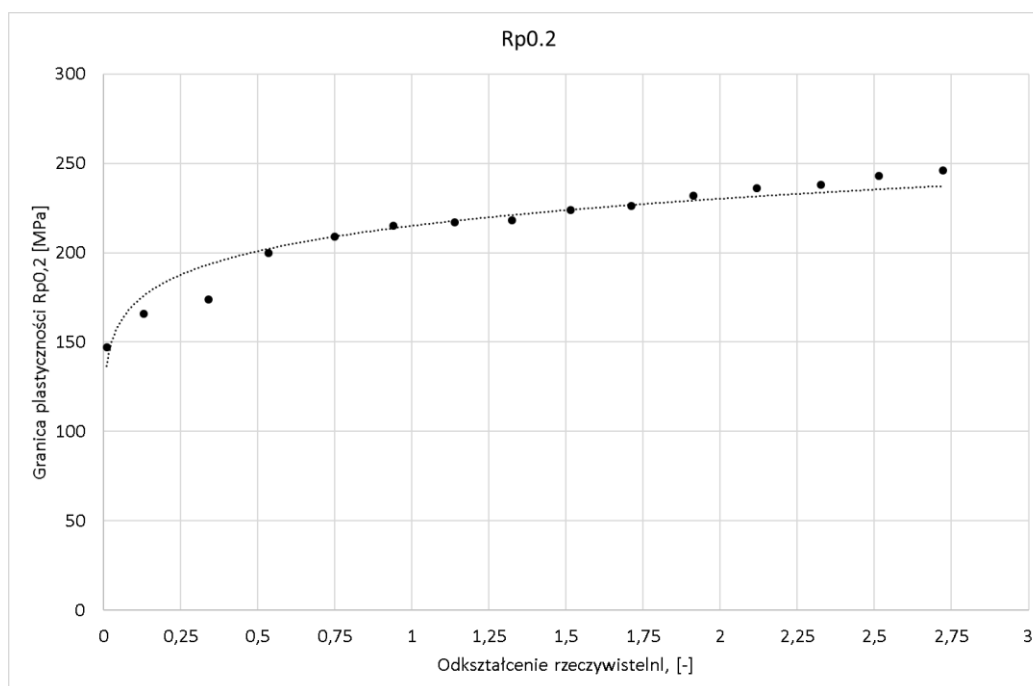


Rys.3.19. Charakterystyka zmiany umownej granicy plastyczności drutów AlMg5 w zależności od średnicy drutu

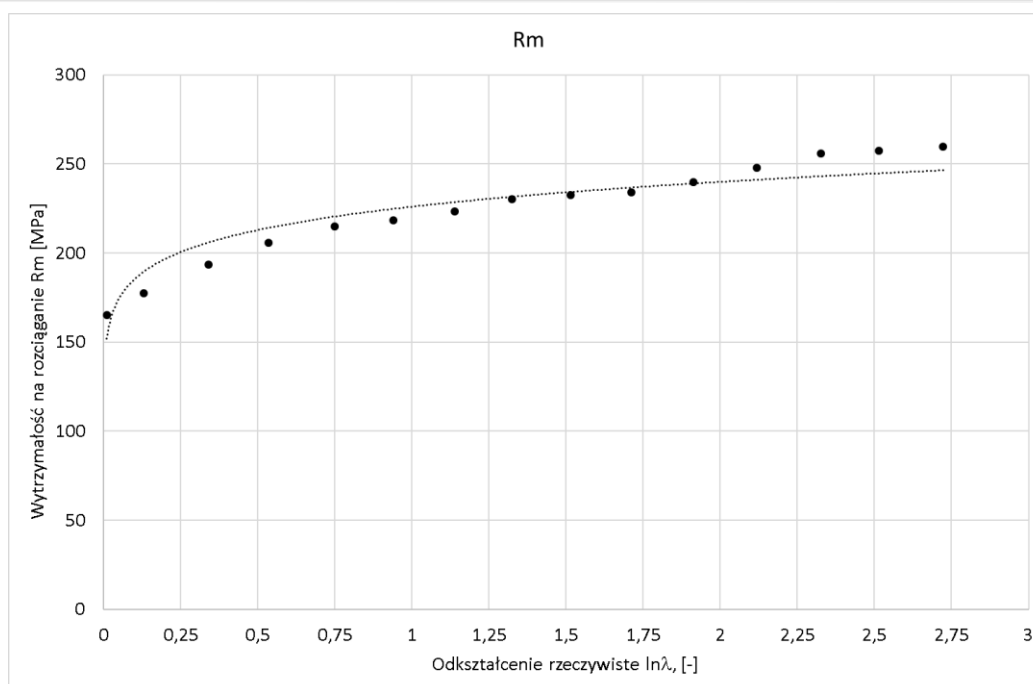


Rys.3.20. Charakterystyka zmiany wydłużenia całkowitego drutów AlMg5 w zależności od średnicy drutu

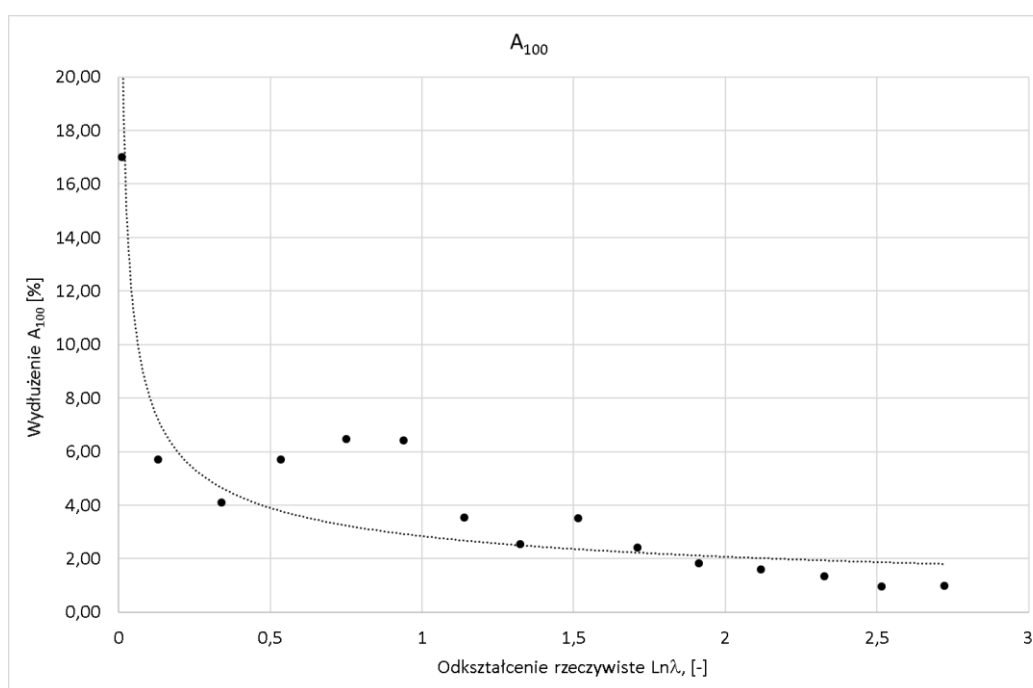
W celu określenia charakteru umacniania skonstruowano zależności R_m , $R_{p0,2}$ oraz A_{100} w funkcji wielkości odkształcenia rzeczywistego. Wyniki zostały przedstawione na rys. 3.21-3.23



Rys.3.21. Zależność granicy plastyczności w funkcji odkształcenia rzeczywistego drutów wykonanych ze stopu aluminium AlSi5 po procesie ciągnięcia



Rys.3.22. Zależność wytrzymałości na rozciąganie w funkcji odkształcenia rzeczywistego drutów wykonanych ze stopu aluminium AlSi5 po procesie ciągnięcia



Rys.3.23. Zależność wydłużenia całkowitego w funkcji odkształcenia rzeczywistego drutów wykonanych ze stopu aluminium AlSi5 po procesie ciągnięcia

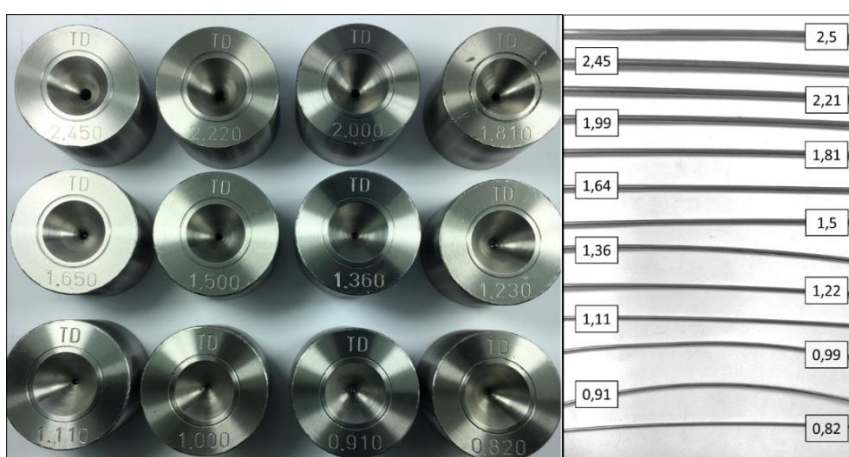
Charakterystyki umacniania się w procesie ciągnięcia drutów spawalniczych ze stali w gat. T1S do spawania stali niskostopowej o wysokiej wytrzymałości

Do badań charakteru umacniania się w procesie ciągnięcia drutów spawalniczych ze stopu aluminium AlSi5 wytypowane materiał wsadowy o średnicy początkowej 2,5 mm. W tym przypadku zastosowano schemat odkształcenia zgodnie z danymi przedstawionymi w tablicy 3.9.

Tablica 3.9. Własności mechaniczne dla każdego z drutów wykonanych ze stali T1S uzyskanych w procesie ciągnięcia w zakresie średnic od 2,5mm do 0,82mm.

Nr ciągu	D [mm]	S [mm ²]	λ_j [-]	ϵ_c [%]	ϵ_r [-]
0	2,495	4,89	-	-	-
1	2,45	4,71	1,04	3,6	0,04
2	2,20	3,80	1,24	22,2	0,25
3	2,00	3,14	1,21	35,7	0,44
4	1,81	2,57	1,22	47,4	0,64
5	1,65	2,14	1,20	56,3	0,83
6	1,50	1,77	1,21	63,9	1,02
7	1,36	1,45	1,22	70,3	1,21
8	1,23	1,19	1,22	75,7	1,41
9	1,11	0,97	1,23	80,2	1,62
10	1,00	0,79	1,23	83,9	1,83
11	0,91	0,65	1,21	86,7	2,02
12	0,82	0,53	1,23	89,2	2,23

Finalna średnica drutu 0,8mm otrzymana została przy zastosowaniu 12 ciągów technologicznych. Zastosowane do procesu ciągnięcia ciągadła oraz druty wytworzone przy ich użyciu przedstawione zostały na rysunku 3.24.

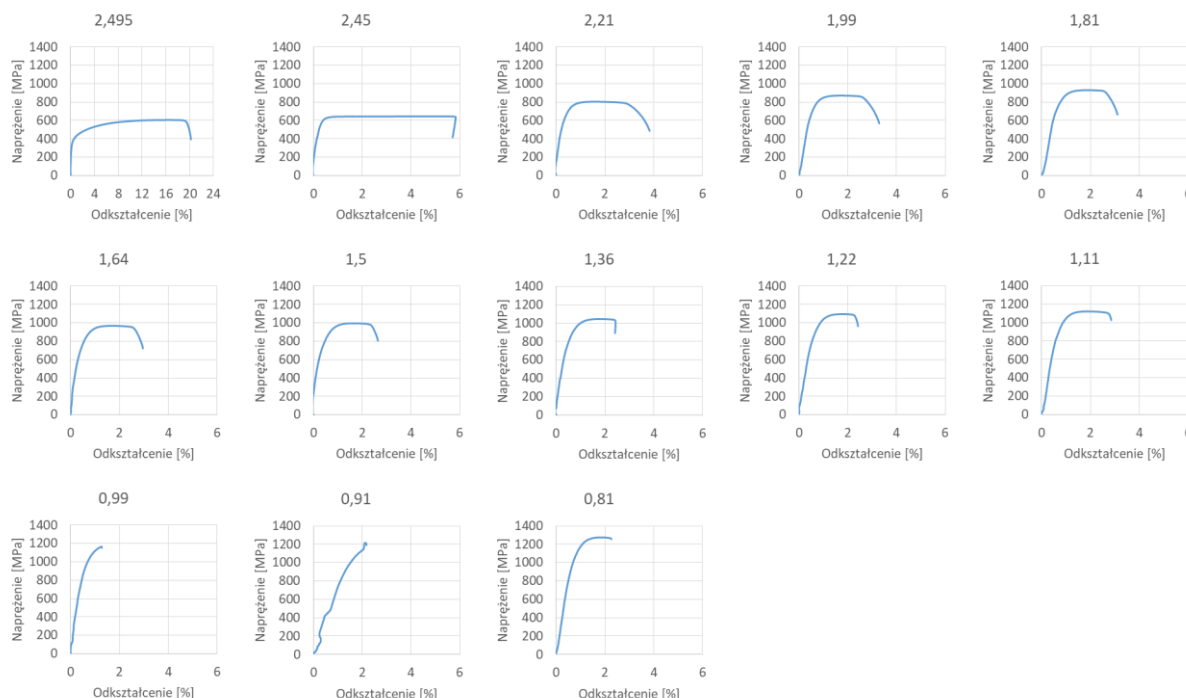


Rys.3.24. Zdjęcie zestawu ciągadeł oraz drutów ze stali T1S

Tablica 3.10. Uśrednione wartości średnic drutów wykonanych ze stali T1S po procesie ciągnięcia, zmierzone przy wykorzystaniu śruby mikrometrycznej.

Nr ciągu	Średnica ciągadeł	Pomiar śrubą mikrometryczną			Wartość średnia
	[mm]	[mm]			[mm]
0	2,5	2,495	2,5	2,491	2,5
1	2,45	2,459	2,444	2,445	2,45
2	2,20	2,21	2,209	2,215	2,21
3	2,00	1,992	1,992	1,992	1,99
4	1,81	1,805	1,803	1,808	1,81
5	1,65	1,65	1,639	1,643	1,64
6	1,50	1,498	1,496	1,495	1,50
7	1,36	1,354	1,358	1,36	1,36
8	1,23	1,225	1,224	1,225	1,22
9	1,11	1,107	1,108	1,108	1,11
10	1,00	0,992	0,987	0,993	0,99
11	0,91	0,908	0,906	0,905	0,91
12	0,82	0,811	0,812	0,812	0,81

W kolejnym etapie każdy drut został poddany badaniom własności mechanicznych w celu opracowania krzywych umocnienia. W wyniku próby rozciągania wyznaczono wartości umownej granicy plastyczności, wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia całkowite drutów. Na rys.3.25 przedstawiono charakterystyki rozciągania drutów po różnym stopniu ciągniczym, a w tablicy opracowane na ich podstawie wartości $R_{p0,2}$, R_m oraz A_{100} .

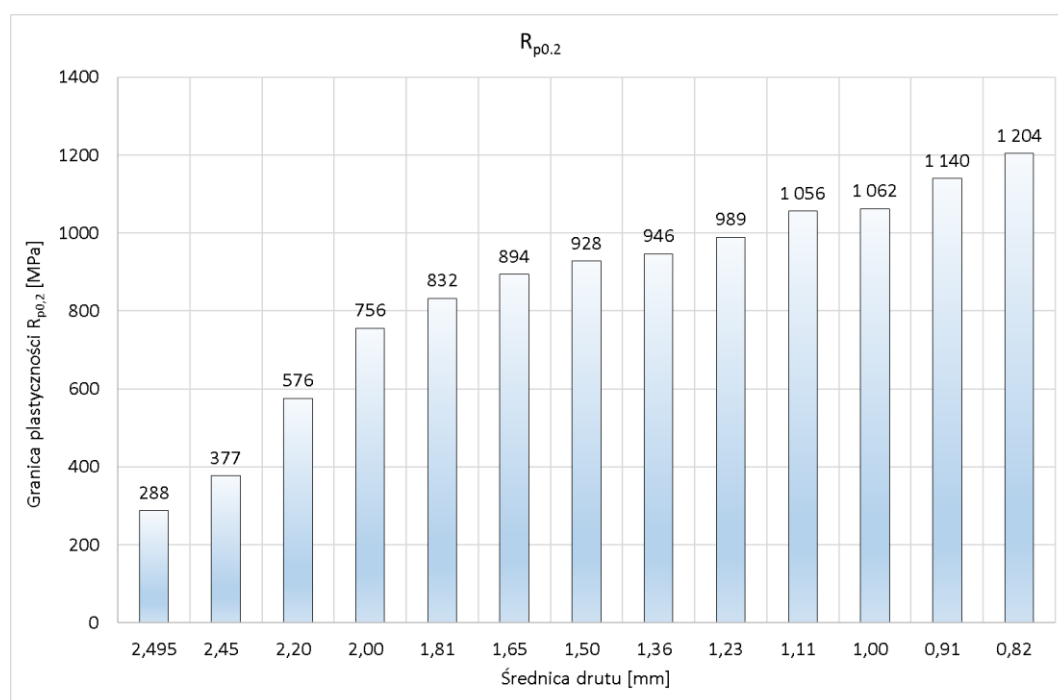


Rys.3.25. Wykresy zależności naprężenie-odkształcenie dla każdej średnicy drutu T1S

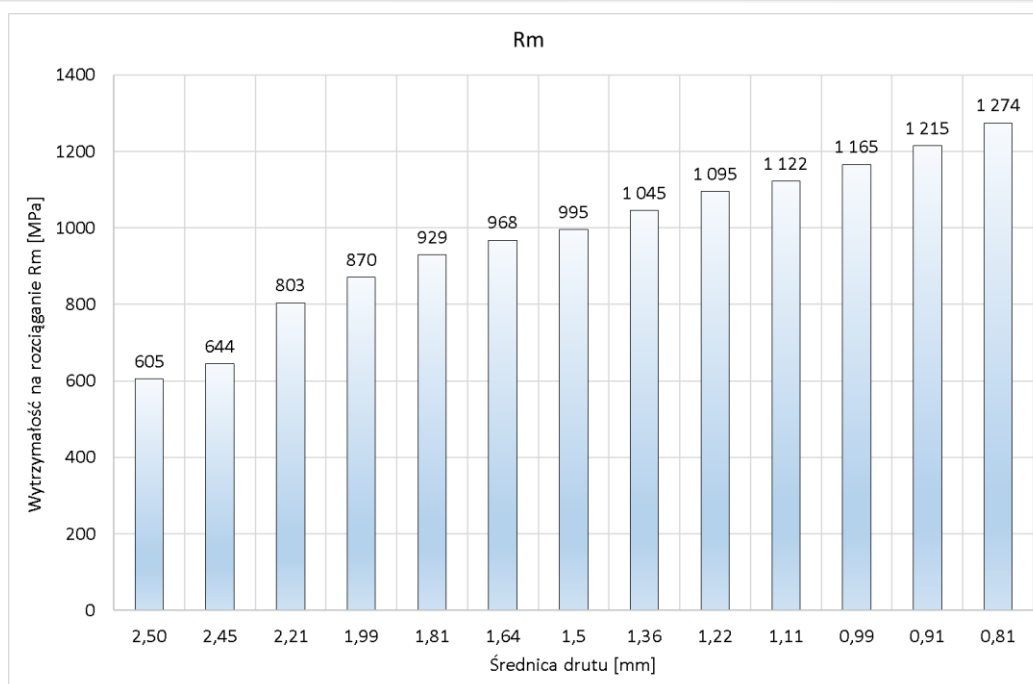
Tablica 3.11. Własności mechaniczne drutów stalowych T1S uzyskanych w procesie ciągnięcia w zakresie średnic od 2,5 mm do 0,8 mm

Nr ciagu	d [mm]	S [mm ²]	R _{p0.2} MPa	R _m MPa	A _t %
0	2,5	4,89	288	605,1	20,20
1	2,45	4,71	377	644,3	5,83
2	2,20	3,80	576	803,4	3,83
3	2,00	3,14	756	870,2	3,29
4	1,81	2,57	832	929,5	3,11
5	1,65	2,14	894	967,7	2,96
6	1,50	1,77	928	995,4	2,64
7	1,36	1,45	946	1044,8	2,43
8	1,23	1,19	989	1095,4	2,42
9	1,11	0,97	1056	1121,9	2,85
10	1,00	0,79	1062	1165,2	1,27
11	0,91	0,65	1140	1214,6	2,17
12	0,82	0,53	1204	1274,2	2,26

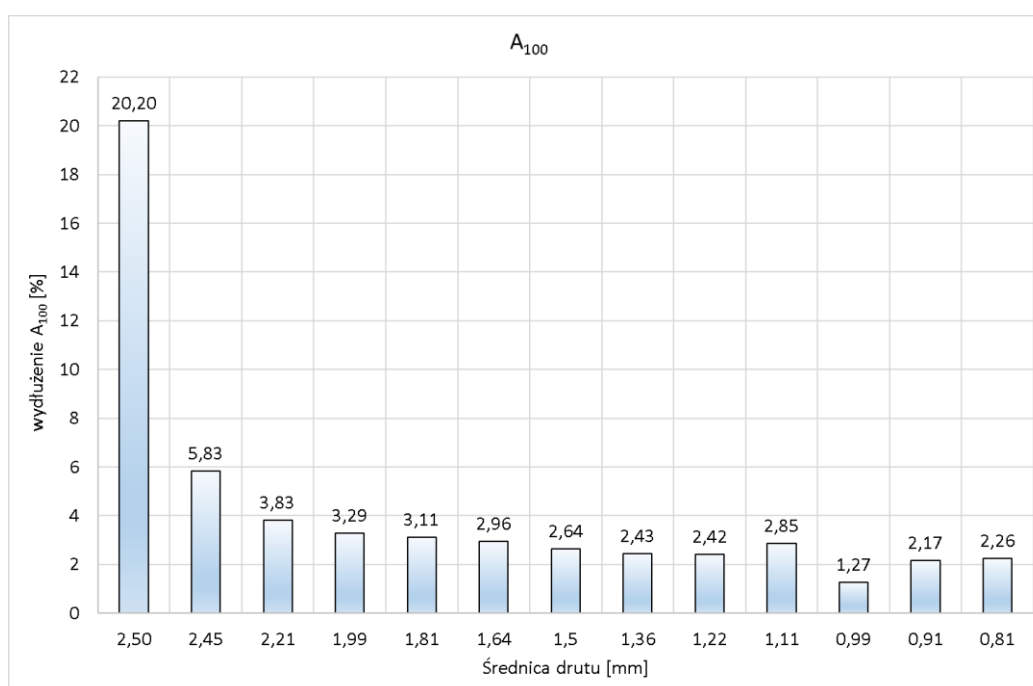
Na rys. 3.26 -3.28 przedstawiono wartości wytrzymałości na rozciąganie, umownej granicy plastyczności oraz wydłużenia całkowite drutów o różnych średnicach uzyskanych w procesie ciągnięcia.



Rys.3.26. Charakterystyka zmiany umownej granicy plastyczności drutów AWS A5.18: ER 70S-6 w zależności od średnicy drutu

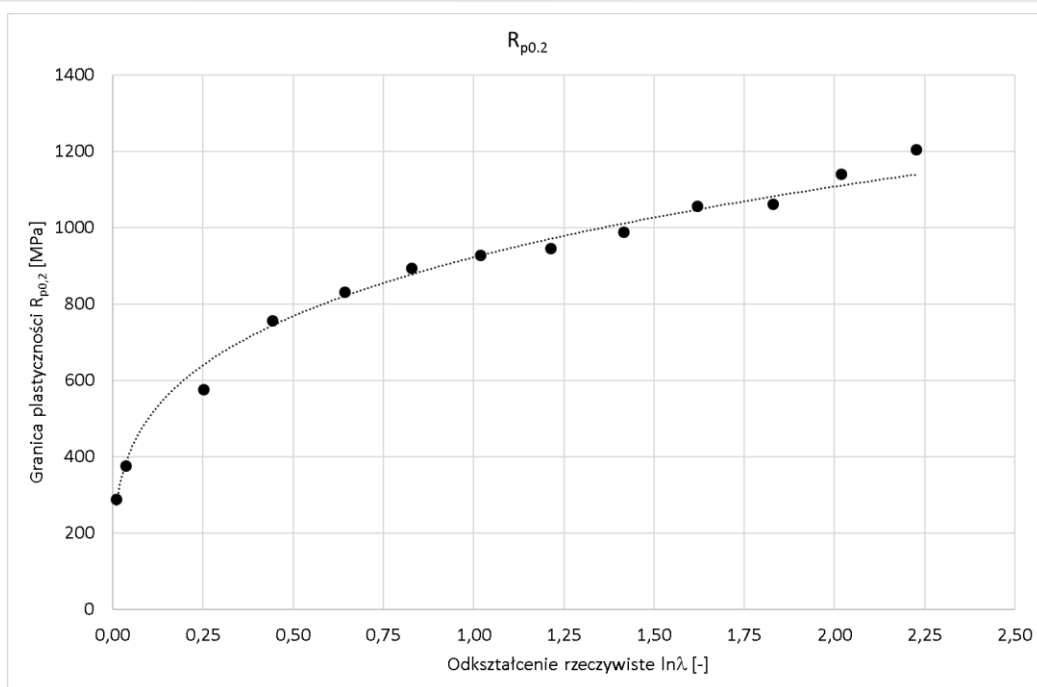


Rys.3.27. Charakterystyka zmiany umownej granicy plastyczności drutów AWS A5.18: ER 70S-6 w zależności od średnicy drutu

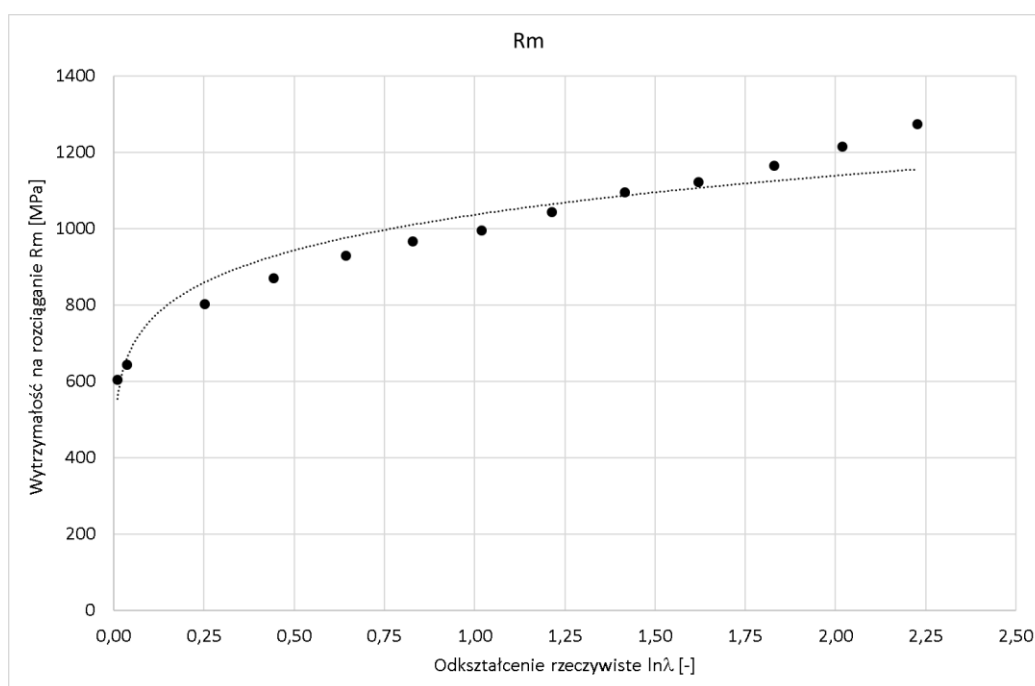


Rys.3.28. Charakterystyka zmiany wydłużenia całkowitego drutów AWS A5.18: ER 70S-6 w zależności od średnicy drutu

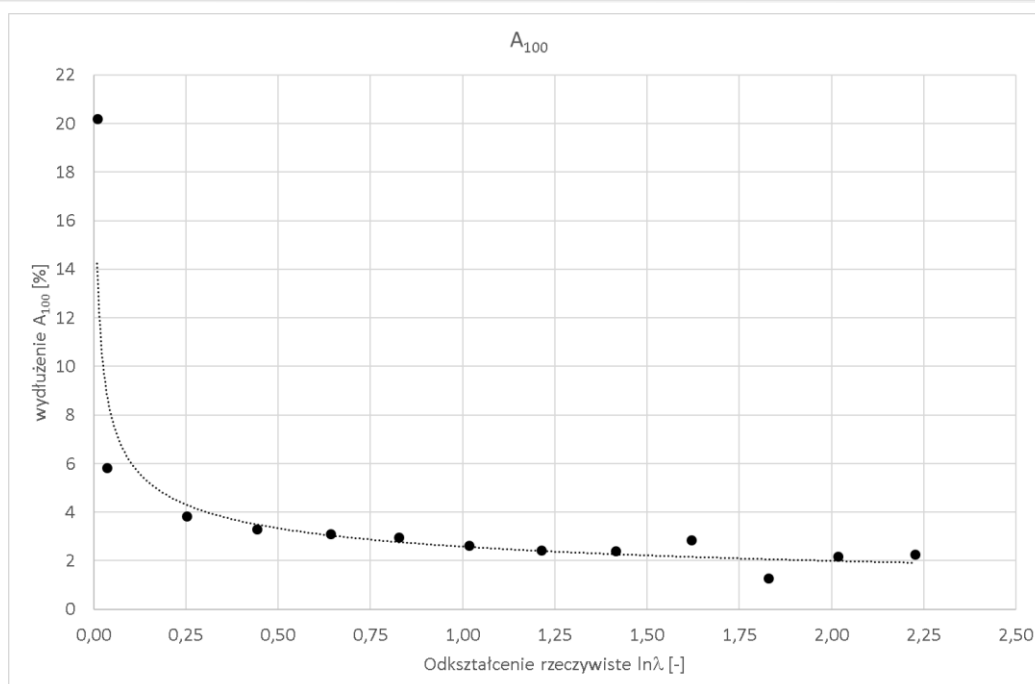
W celu określenia charakteru umacniania skonstruowano zależności R_m , $R_{p0,2}$ oraz A_{100} w funkcji wielkości odkształcenia rzeczywistego. Wyniki zostały przedstawione na rys. 3.29- 3.31.



Rys.3.29. Zależność granicy plastyczności w funkcji odkształcenia rzeczywistego drutów T1S



Rys.3.30. Zależność wytrzymałości na rozciąganie w funkcji odkształcenia rzeczywistego drutów T1S



Rys.3.31. Zależność wydłużenia całkowitego w funkcji odkształcenia rzeczywistego drutów T1S

Charakterystyki umacniania się w procesie ciągnięcia drutów stalowych ER 70S-6 do spawania stali niskowęglowych i niskostopowych

Do badań charakteru umacniania się w procesie ciągnięcia drutów spawalniczych ze stopu aluminium AISi5 wytypowane materiał wsadowy o średnicy początkowej 2,4 mm. W tym przypadku zastosowano schemat odkształcenia zgodnie z danymi przedstawionymi w tablicy 3.12.

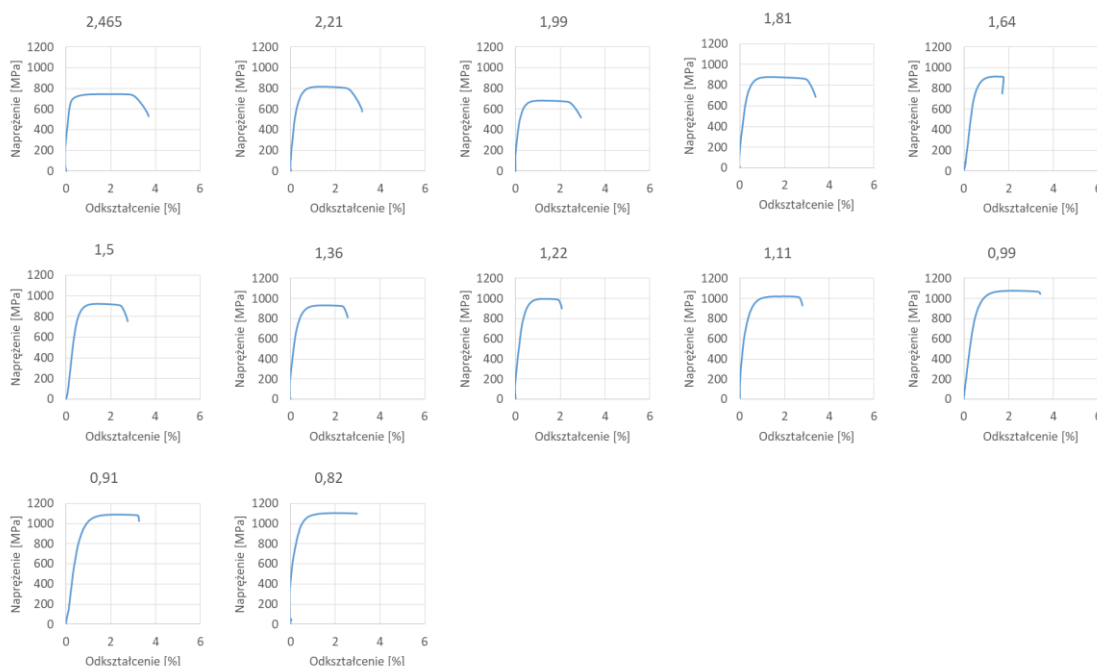
Tablica 3.12. Własności mechaniczne drutów ze stali AWS A5.18: ER 70S-6 uzyskanych w procesie ciągnięcia w zakresie średnic od 2,5mm do 0,8 mm

Nr ciagu	D	S	λ_j	ε_c	ε_r
	[mm]	[mm ²]	[-]	[%]	[-]
0	2,465	4,77	-	-	-
1	2,21	3,83	1,24	19,6	0,22
2	1,99	3,11	1,23	34,8	0,43
3	1,81	2,57	1,21	46,1	0,62
4	1,64	2,11	1,22	55,7	0,81
5	1,5	1,77	1,20	63,0	0,99
6	1,36	1,45	1,22	69,6	1,19
7	1,22	1,17	1,24	75,5	1,41
8	1,11	0,97	1,21	79,7	1,60
9	0,99	0,77	1,26	83,9	1,82
10	0,91	0,65	1,18	86,4	1,99
11	0,82	0,53	1,23	88,9	2,20

Tablica 3.13. Uśrednione wartości średnicy drutów wykonanych ze stali AWS A5.18: ER 70S-6 po procesie ciągnięcia, zmierzone przy wykorzystaniu śruby mikrometrycznej.

Nr ciagu	Średnica ciagadeł	Pomiar śrubą mikrometryczną			Wartość średnia
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
0	2,465	2,465	2,463	2,468	2,465
1	2,20	2,21	2,209	2,215	2,21
2	2,00	1,992	1,992	1,992	1,99
3	1,81	1,805	1,803	1,808	1,81
4	1,65	1,65	1,639	1,643	1,64
5	1,50	1,498	1,496	1,495	1,50
6	1,36	1,354	1,358	1,36	1,36
7	1,23	1,225	1,224	1,225	1,22
8	1,11	1,107	1,108	1,108	1,11
9	1,00	0,992	0,987	0,993	0,99
10	0,91	0,908	0,906	0,905	0,91
11	0,82	0,811	0,812	0,812	0,81

W kolejnym etapie każdy drut został poddany badaniom własności mechanicznych w celu opracowania krzywych umocnienia. W wyniku próby rozciągania wyznaczono wartości umownej granicy plastyczności, wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia całkowite drutów. Na rys.2.33 przedstawiono charakterystyki rozciągania drutów po różnym stopniu ciągniczym a w tablicy 3.14 opracowane na ich podstawie wartości $R_{p0,2}$, R_m oraz A_{100} .

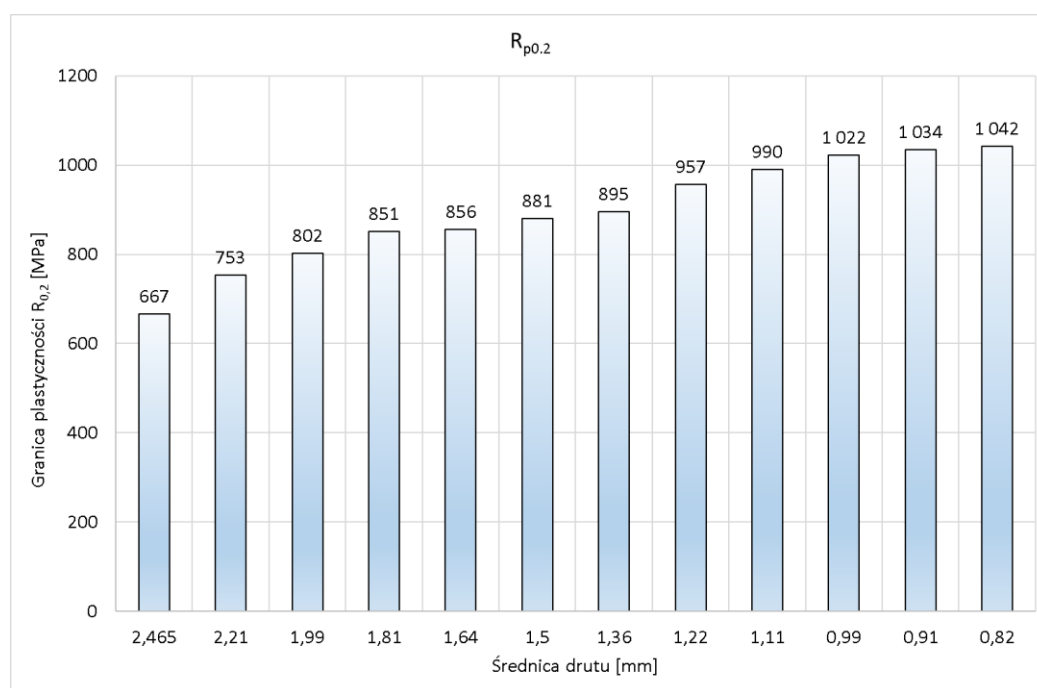


Rys.3.32. Wykresy zależności napężenie-odkształcenie dla każdej średnicy drutu wykonanych ze stali AWS A5.18: ER 70S-6

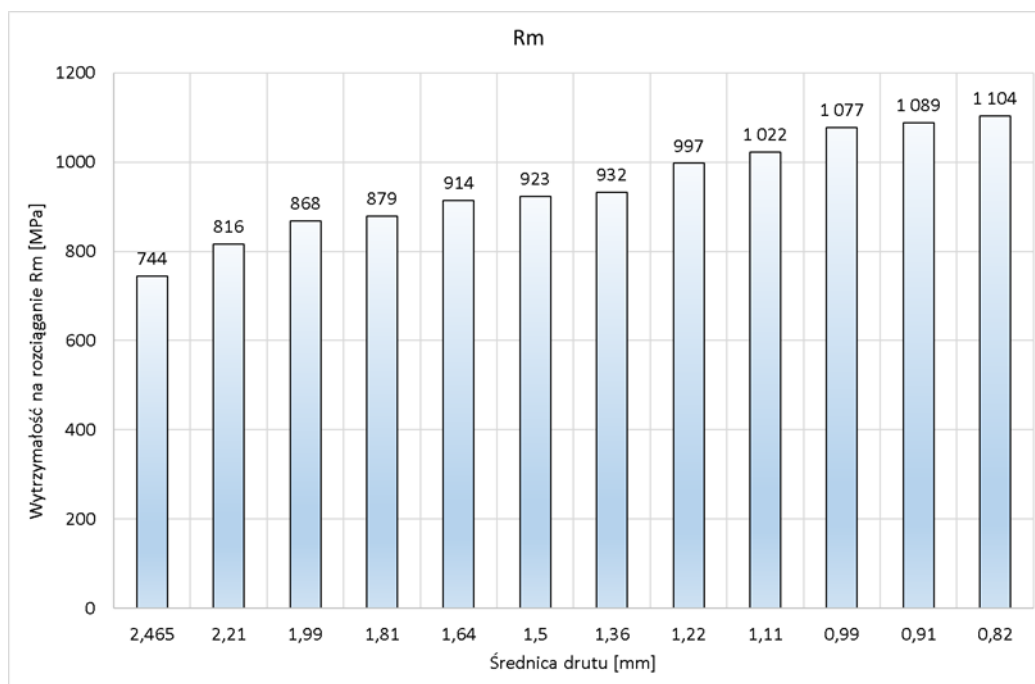
Tablica 3.14. Własności mechaniczne dla każdego z drutów wykonanych ze stali AWS A5.18: ER 70S-6 uzyskanych w procesie ciągnięcia w zakresie średnic od 2,5 mm do 0,8 mm

Nr ciagu	D [mm]	S [mm ²]	R _{p0.2} MPa	R _m MPa	A _t %
0	2,465	4,77	667	744,25	3,69
1	2,21	3,83	753	815,74	3,19
2	1,99	3,11	802	681,85	2,93
3	1,81	2,57	851	878,81	3,38
4	1,64	2,11	856	914,44	1,78
5	1,5	1,77	881	922,81	2,75
6	1,36	1,45	895	932,46	2,56
7	1,22	1,17	957	997,13	2,08
8	1,11	0,97	990	1021,77	2,80
9	0,99	0,77	1022	1076,96	3,41
10	0,91	0,65	1034	1088,68	3,26
11	0,82	0,53	1042	1103,60	2,97

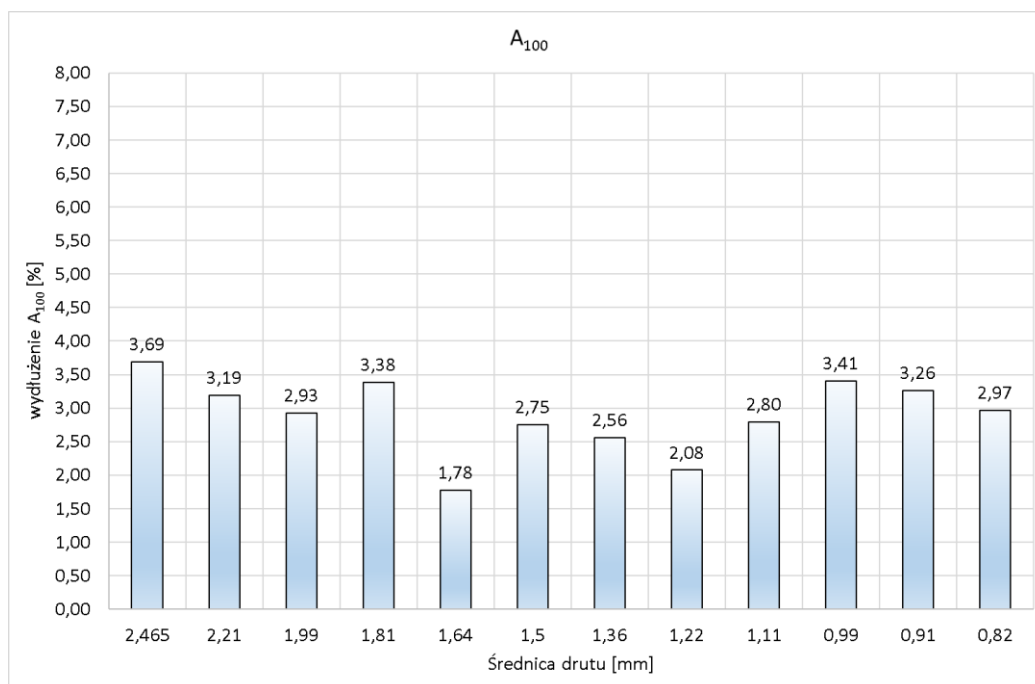
Na rys.3.33-3.36 przedstawiono wartości wytrzymałości na rozciąganie, umownej granicy plastyczności oraz wydłużenia całkowite drutów o różnych średnicach uzyskanych w procesie ciągnięcia.



Rys.3.33. Charakterystyka zmiany umownej granicy plastyczności drutów AWS A5.18: ER 70S-6 w zależności od średnicy drutu

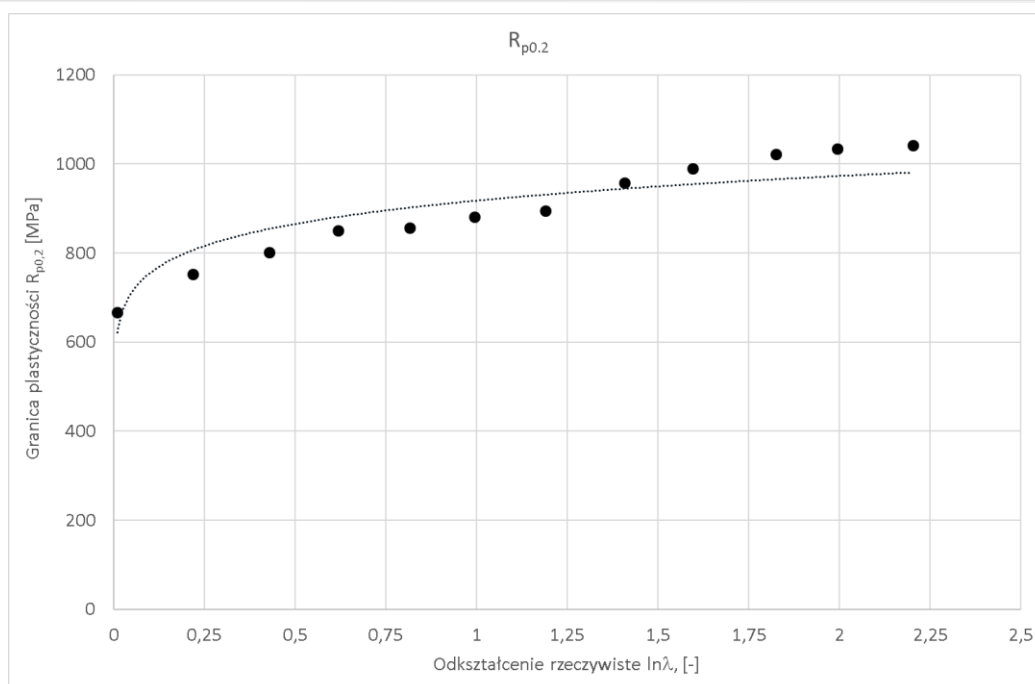


Rys.3.34. Charakterystyka zmiany umownej granicy plastyczności drutów AWS A5.18: ER 70S-6 w zależności od średnicy drutu

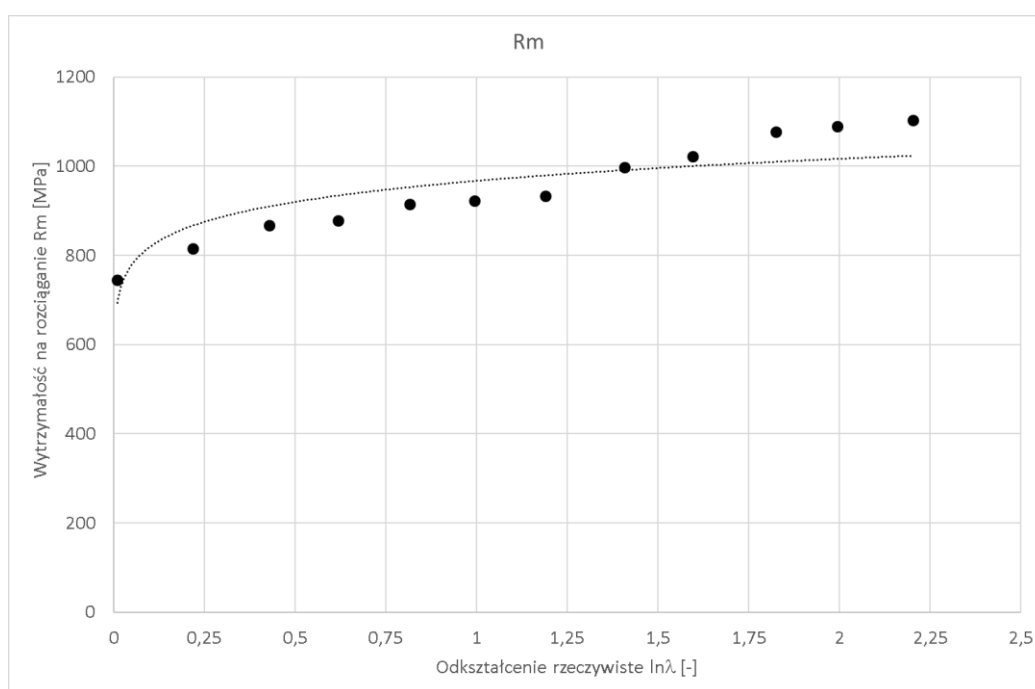


Rys.3.35. Charakterystyka zmiany wydłużenia całkowitego drutów AWS A5.18: ER 70S-6 w zależności od średnicy drutu

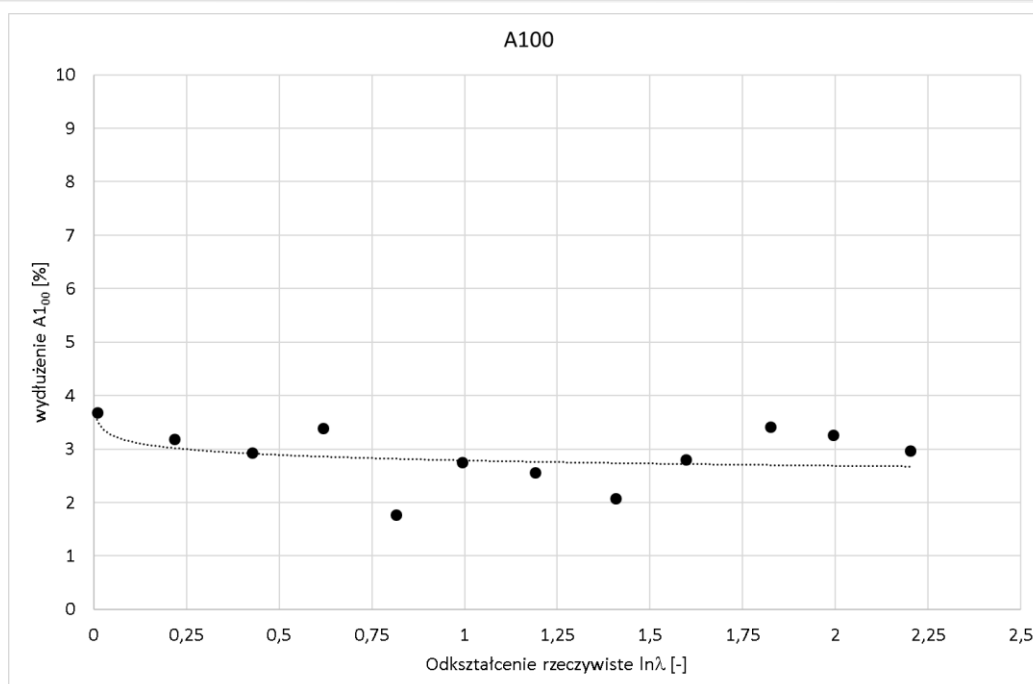
W celu określenia charakteru umacniania skonstruowano zależności R_m , $R_{p0,2}$ oraz A_{100} w funkcji wielkości odkształcenia rzeczywistego. Wyniki zostały przedstawione na rys. 3.36-3.38.



Rys.3.36. Zależność granicy plastyczności $R_{p0.2}$ w funkcji odkształcenia rzeczywistego $\ln\lambda$ drutów AWS A5.18: ER 70S-6



Rys.3.37. Zależność wytrzymałości na rozciąganie w funkcji odkształcenia rzeczywistego $\ln\lambda$ drutów AWS A5.18: ER 70S-6



Rys.3.38. Zależność wydłużenia całkowitego w funkcji odkształcenia rzeczywistego $\ln\lambda$ drutów AWS A5.18: ER 70S-6

Charakterystyki umacniania się w procesie ciągnięcia drutów stalowych 308 LSI do spawania stali odpornych na korozję

Do badań charakteru umacniania się w procesie ciągnięcia drutów spawalniczych ze stopu aluminium 308 LSI wytypowane materiał wsadowy o średnicy początkowej 2,46mm. W tym przypadku zastosowano schemat odkształcenia zgodnie z danymi przedstawionymi w tablicy 3.15.

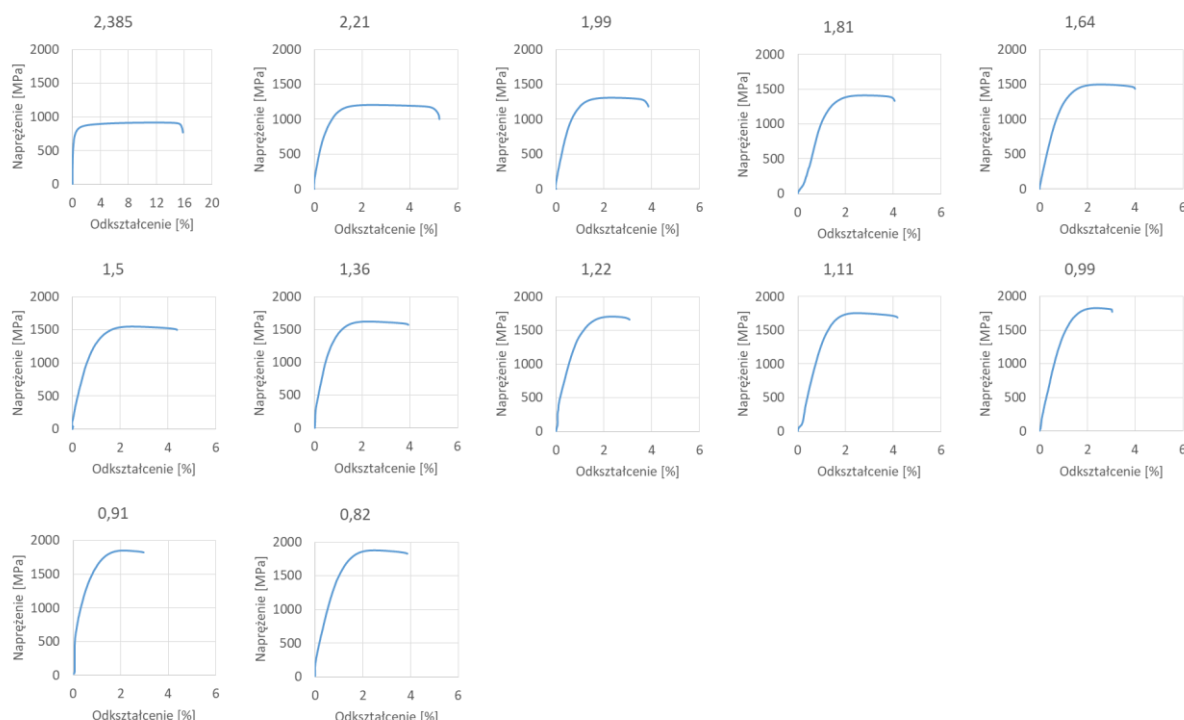
Tablica 3.15. Własności mechaniczne drutów wykonanych ze stali 308 LSI uzyskanych w procesie ciągnięcia w zakresie średnic od 2,4 mm do 0,8 mm.

Nr ciagu	d	S	λ_j	ϵ_c	$\ln\lambda$
	[mm]	[mm ²]	[-]	[%]	[-]
0	2,385	4,47	-	-	-
1	2,21	3,83	1,16	14,1	0,15
2	1,99	3,11	1,23	30,4	0,36
3	1,81	2,57	1,21	42,4	0,55
4	1,64	2,11	1,22	52,7	0,75
5	1,5	1,77	1,20	60,4	0,93
6	1,36	1,45	1,22	67,5	1,12
7	1,22	1,17	1,24	73,8	1,34
8	1,11	0,97	1,21	78,3	1,53
9	0,99	0,77	1,26	82,8	1,76
10	0,91	0,65	1,18	85,4	1,93
11	0,82	0,53	1,23	88,2	2,14

Tablica 3.16. Uśrednione wartości średnicy drutów wykonanych ze stali 308 LSI po procesie ciągnięcia, zmierzone przy wykorzystaniu śruby mikrometrycznej

Nr ciagu	Średnica ciagadeł	Wyniki pomiaru średnicy śrubą mikrometryczną			Wartość średnia
	[mm]	[mm]			[mm]
0	2,385	2,386	2,383	2,385	2,385
1	2,20	2,21	2,209	2,215	2,21
2	2,00	1,992	1,992	1,992	1,99
3	1,81	1,805	1,803	1,808	1,81
4	1,65	1,65	1,639	1,643	1,64
5	1,50	1,498	1,496	1,495	1,50
6	1,36	1,354	1,358	1,36	1,36
7	1,23	1,225	1,224	1,225	1,22
8	1,11	1,107	1,108	1,108	1,11
9	1,00	0,992	0,987	0,993	0,99
10	0,91	0,908	0,906	0,905	0,91
11	0,82	0,811	0,812	0,812	0,81

W kolejnym etapie każdy drut został poddany badaniom własności mechanicznych w celu opracowania krzywych umocnienia. W wyniku próby rozciągania wyznaczono wartości umownej granicy plastyczności, wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia całkowite drutów. Na rys.3.39 przedstawiono charakterystyki rozciągania drutów po różnym stopniu ciągniczym, a w tablicy 3.17 opracowane na ich podstawie wartości $R_{p0,2}$, R_m oraz A_{100} .

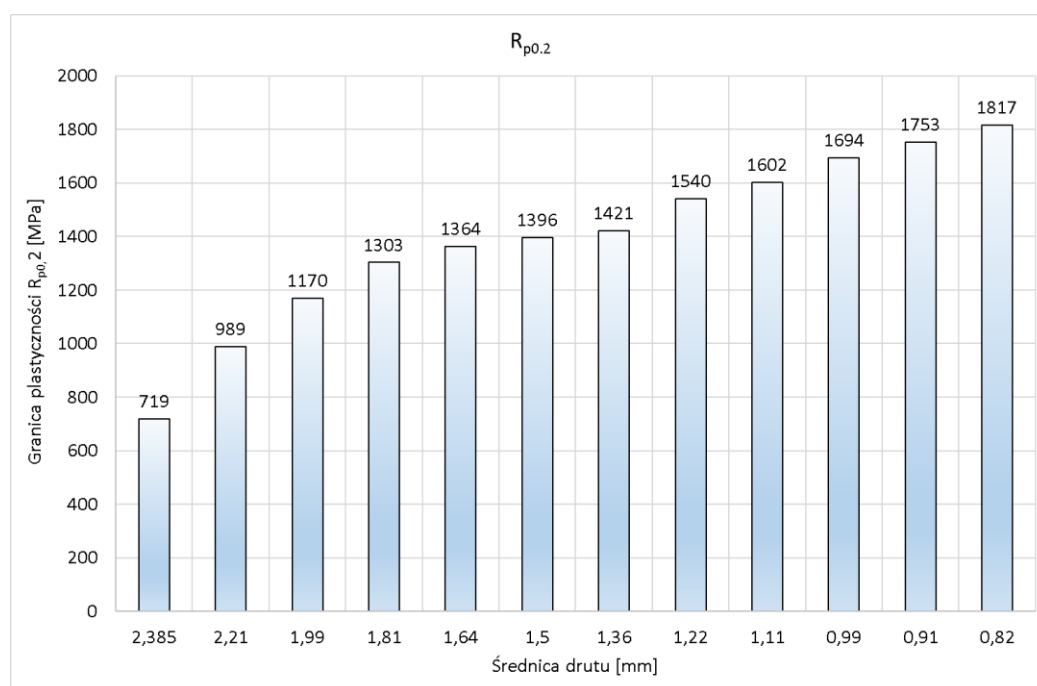


Rys.3.39. Wykresy zależności naprężenie-odkształcenie dla każdej średnicy drutu wykonanych ze stali 308 LSI

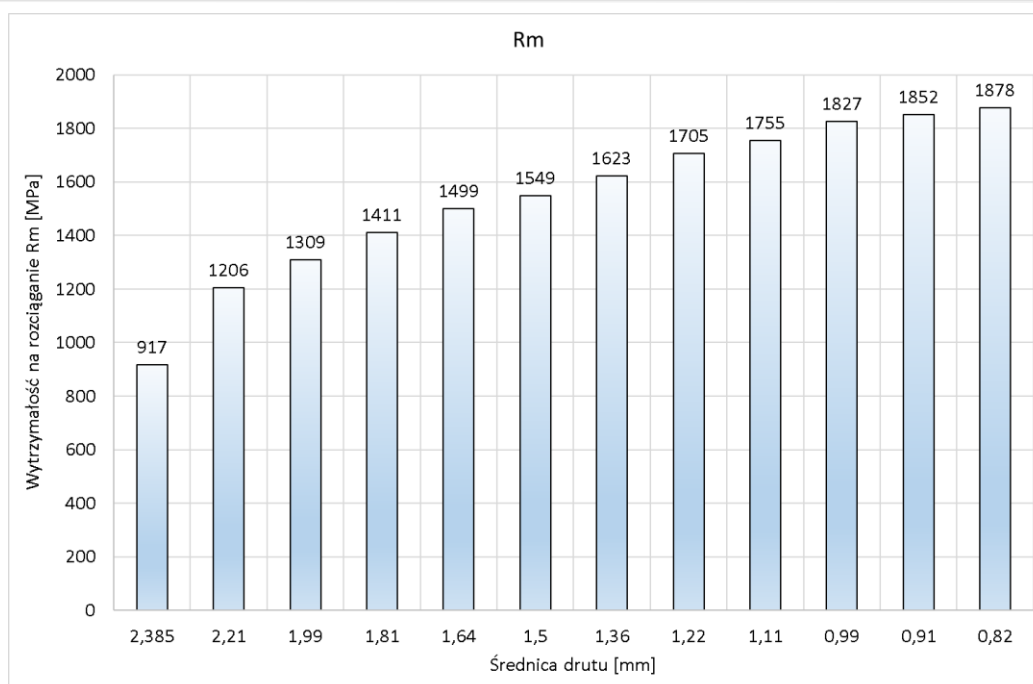
Tablica 3.17. Własności mechanicznych drutów wykonanych ze stali 308 LSI uzyskanych w procesie ciągnięcia w zakresie średnic od 2,5 mm do 0,8 mm.

Nr ciagu	d [mm]	S [mm ²]	R _{p0.2} MPa	R _m MPa	A ₁₀₀ %
0	2,385	4,47	719	916,9	15,82
1	2,21	3,83	989	1205,5	5,24
2	1,99	3,11	1170	1309,2	3,87
3	1,81	2,57	1303	1411,1	4,05
4	1,64	2,11	1364	1499,2	3,99
5	1,5	1,77	1396	1549,5	4,38
6	1,36	1,45	1421	1622,9	3,94
7	1,22	1,17	1540	1705,4	3,08
8	1,11	0,97	1602	1754,9	4,17
9	0,99	0,77	1694	1827,0	3,04
10	0,91	0,65	1753	1851,6	2,96
11	0,82	0,53	1817	1877,6	3,87

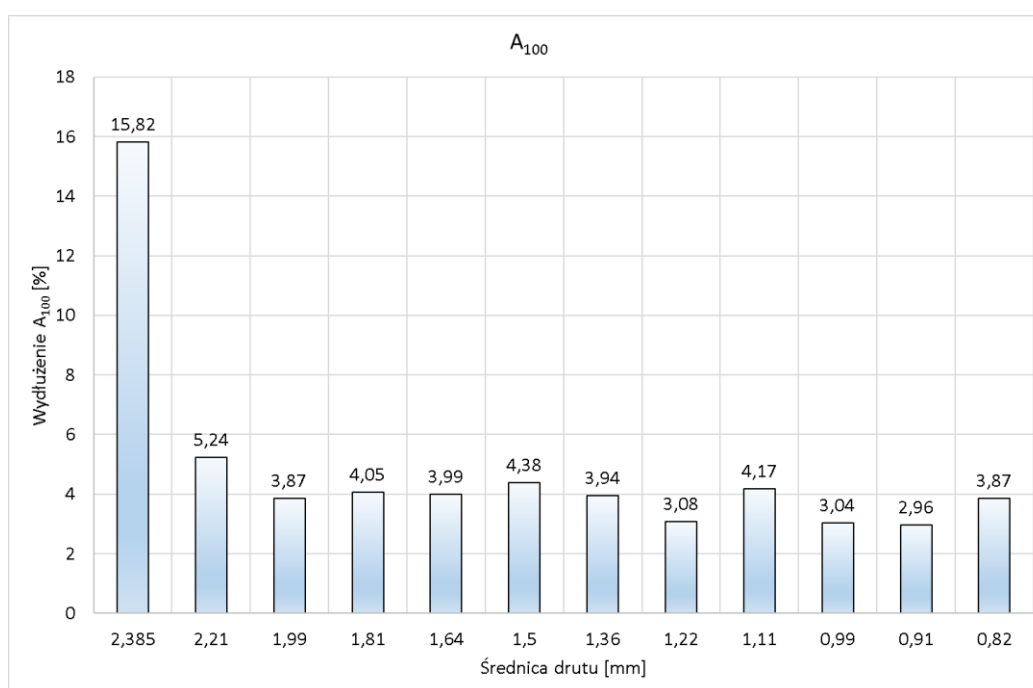
Na rys. 3.41-3.43 przedstawiono wartości wytrzymałości na rozciąganie, umownej granicy plastyczności oraz wydłużenia całkowite drutów o różnych średnicach uzyskanych w procesie ciągnięcia.



Rys.3.40. Charakterystyka zmiany umownej granicy plastyczności drutów ze stali 308 LSI w zależności od średnicy drutu

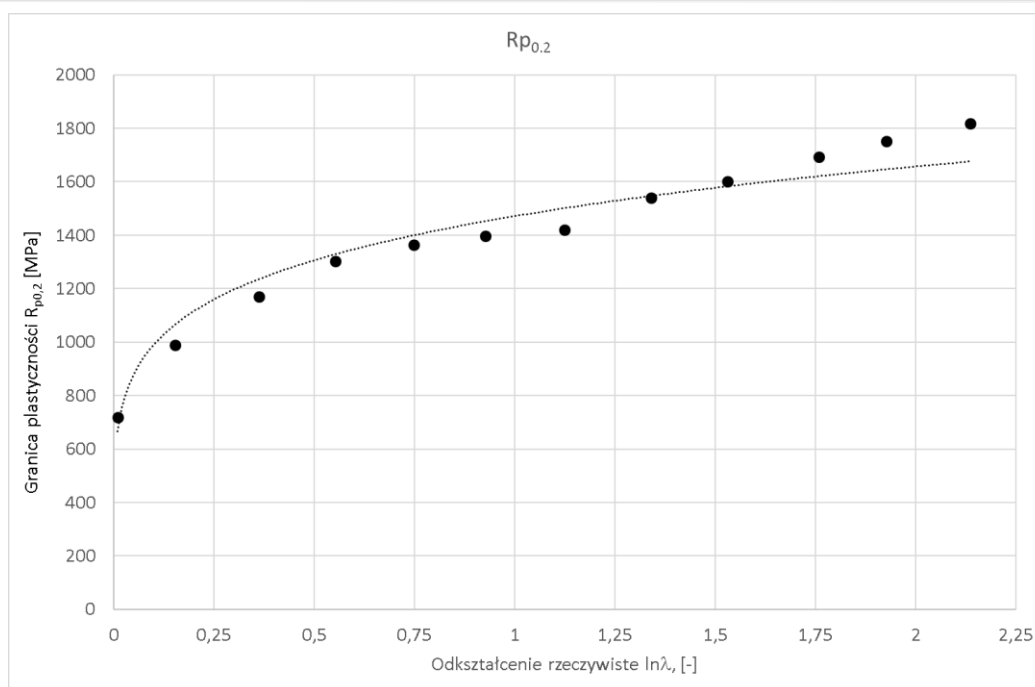


Rys.3.41. Charakterystyka zmiany umownej granicy plastyczności drutów ze stali 308 LSI w zależności od średnicy drutu

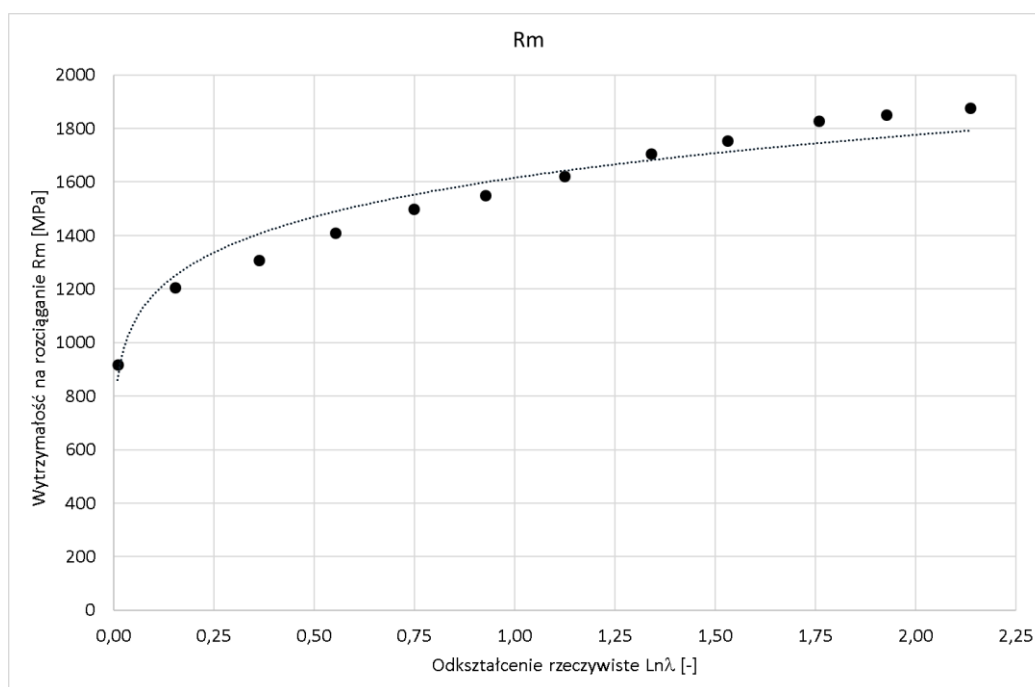


Rys.3.42. Charakterystyka zmiany wydłużenia całkowitego drutów ze stali 308 LSI w zależności od średnicy drutu

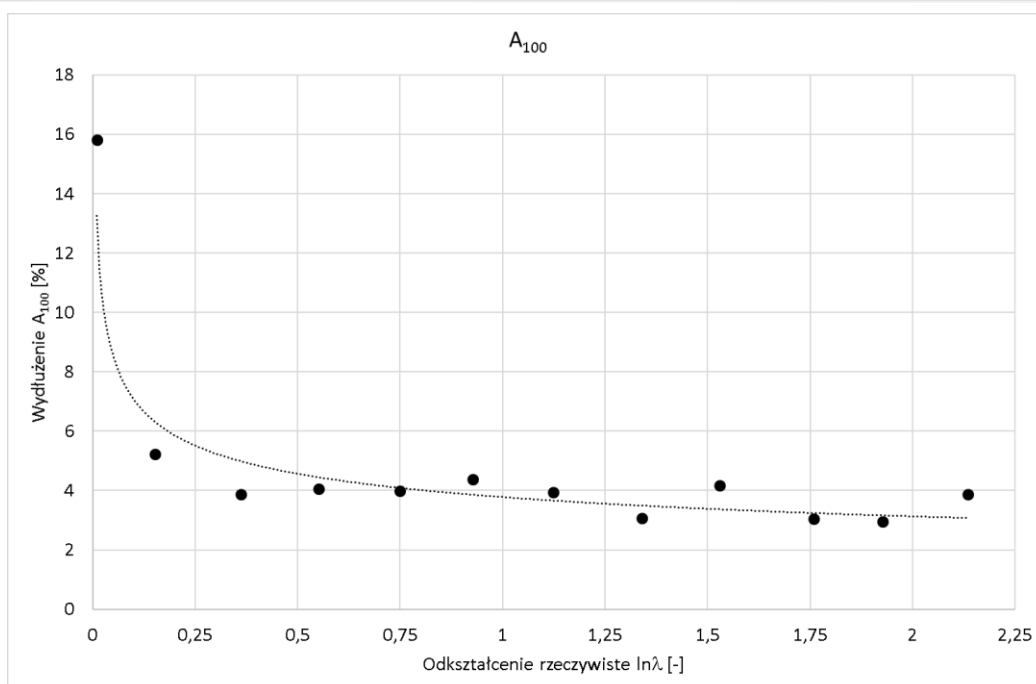
W celu określenia charakteru umacniania skonstruowano zależności R_m , $R_{p0,2}$ oraz A_{100} w funkcji wielkości odkształcenia rzeczywistego, Wyniki zostały przedstawione na rys.3.43-3.45.



Rys.3.43. Zależność granicy plastyczności $R_{p0,2}$ w funkcji odkształcenia rzeczywistego $\ln\lambda$ drutów wykonanych ze stali 308 LSI



Rys.3.44. Zależność wytrzymałości na rozciąganie w funkcji odkształcenia rzeczywistego $\ln\lambda$ drutów ze stali 308 LSI po procesie ciągnięcia



Rys.3.45. Zależność wydłużenia całkowitego w funkcji odkształcenia rzeczywistego $\ln \lambda$ drutów ze stali 308 LSI po procesie ciągnięcia