

Badanie wytrzymałości na rozciąganie próbek wykonanych ze stopu aluminium w technologii WAAM

Waldemar Dudda

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych, ul. Michała Oczapowskiego 2, 10-719 Olsztyn

Maciej Cader, Wojciech Kiński

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP, Al. Jerozolimskie 202, 02-486 Warszawa

Streszczenie: W artykule przedstawiono sposób wykonywania elementów i próbek w technologii WAAM z materiału, jakim jest stop AlSi5. Przeprowadzono badania wytrzymałościowe próbek wykonanych w tej technologii przy kierunku druku ściegami ułożonymi wzdłużnie i poprzecznie w odniesieniu do osi podłużnej próbki. Jako badania referencyjne wykonano testy rozciągania próbek odlanych z tego samego materiału, czyli AlSi5.

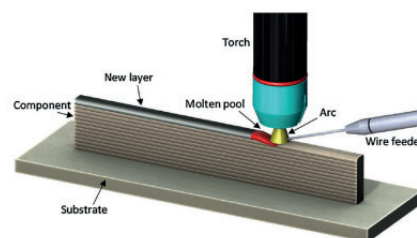
Słowa kluczowe: WAAM, granica plastyczności, wytrzymałość, technika przyrostowa

1. Wprowadzenie

Wytwarzanie addytywne to jedno z narzędzi konstruowania przestrzennych obiektów na podstawie ich trójwymiarowego modelu komputerowego (model CAD). Pierwsze technologie przyrostowe powstały na początku lat 80. XX wieku. Zasada działania opiera się na budowaniu detalu przez nanoszenie warstwa po warstwie materiału [1]. W zależności od rodzaju technologii addytywnej, materiał budulcowy może stanowić tworzywo sztuczne, żywice światłoutwardzalne, stopy metali, ceramika lub biochemikalia. Technologie wytwarzania addytywnego znalazły zastosowanie głównie w prototypowaniu, ze względu na krótki czas wytwarzania oraz łatwość modyfikacji. W odróżnieniu od konwencjonalnych technologii produkcji, technologie przyrostowe znacznie zmniejszą ilość odpadów, ponieważ materiał wejściowy nie jest pełnym profilem [2].

Wytwarzanie addytywne bazuje na łuku drutowym WAAM (ang. *Wire Arc Additive Manufacturing*), znanym również jako łuk z ukierunkowanym osadzaniem materiału bezpośrednio do jeziora stopionego materiału DED-arc (ang. *Direct Energy Deposition-Arc*). Zostało opracowane w celu zwiększenia wydajności zindywidualizowanej produkcji konstrukcji inżynierskich o zróżnicowanej geometrii. WAAM jest jednym z najstarszych, a zarazem pozornie najprostszym i najmniej omawianym procesem wytwarzania przyrostowego. Technologia ta wykorzystuje drut spawalniczy jako surowy materiał

budulcowy [3] i spawarkę MIG lub TIG. Tutaj fajka spawalnicza jest osadzona na końcówce ramienia robotycznego, który zapewnia realizację zaprogramowanych ruchów w przestrzeni roboczej i zastępuje spawacza. Proces WAAM, co do zasady, nie odbiega od typowego spawania, gdzie łuk elektryczny generuje wysoką temperaturę między elektrodą a materiałem spawanym [4]. Podczas spawania (rys. 1) wysuwany z fajki drut stopniowo topi się, tworząc napoiny, układane warstwowo jedna na drugiej [5]. Proces napawania łukowego był stosowany od dziesięcioleci do wykonywania lokalnych napraw uszkodzonych lub zużytych elementów oraz do produkcji okrągłych elemen-



Rys. 1. Zasada napawania w technologii WAAM [5]: podajnik drutu (ang. *Wire feeder*), łuk elektryczny (ang. *Arc*), jezioro stopionego materiału (ang. *Molten pool*), końcówka fajki spawalniczej (ang. *Torch*), Nakładana – nowa warstwa materiału (ang. *New layer*), wytwarzany komponent (ang. *Component*), Podstawa modelowa (ang. *Substrate*)

Fig. 1. The principle of surfacing in WAAM technology [5]

tów i zbiorników ciśnieniowych. Pojawienie się wysokiej jakości oprogramowania do projektowania, w tym oprogramowania do rozwiązywania zadań kinematyki odwrotnej dla manipulatora robota i produkcji wspomaganego komputerowo (CAD oraz CAM) umożliwiło znaczny rozwój tej techniki addytywnej. Technologia ta pozwala na wytwarzanie obiektów o rozdzielczości od 1 mm i szybkości stapiania 1–10 kg/h lub więcej (w zależności od źródła łuku) [4].

Autor korespondujący:

Wojciech Kiński, Wojciech.Kinski@piap.lukasiewicz.gov.pl

Artykuł recenzowany

nadesłany 07.03.2025 r., przyjęty do druku 05.06.2025 r.



Zezwala się na korzystanie z artykułu na warunkach licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Int.

Urządzenia do wytwarzania addytywnego w technologii WAAM bazują głównie na robotach przemysłowych o sześciu stopniach swobody lub konstrukcjach kartezjańskich (robotach bramowych). W praktyce wykorzystuje się trzy procesy spawania [9]:

- a) MIG: oferuje największe wydajności stapiania, zwykle stosowane do produkcji dużych części budowanych w otwartej atmosferze, łatwe do wdrożenia i niskie koszty wyposażenia,
- b) CMT: odmiana metody MIG o niższej szybkości stapiania, która zapewnia lepszą kontrolę procesu i mniejsze prawdopodobieństwo wystąpienia defektów termicznych,
- c) TIG: oferuje wyższą jakość spawania niż MIG przy niższej prędkości spawania ze względu na konieczność obracania mechanizmu podającego drut podczas procesu.

Ponieważ materiał jest układany warstwowo, to nasuwa się pytanie, czy właściwości mechaniczne materiału tak wykonanego elementu są takie same niezależnie od kierunku ułożenia warstw, czy też różne. Aby zbadać i porównać te właściwości postanowiono wykonać w tej technologii prostokątną płytę, prowadząc warstwy napoin równoległe do dłuższego boku płyty. Z tak wykonanej płyty będą wykonane próbki celem przeprowadzenia prób rozciągania. Połowa próbek będzie wykonana tak, że ich oś podłużna będzie równoległa do kierunku nakładanych warstw, a w przypadku drugiej połowy – ich oś będzie prostopadła do kierunku tych warstw.

2. Opis stanowiska do wykonania płyty na próbki

Stanowisko do wytwarzania addytywnego przeznaczone do produkcji detali o zróżnicowanej wielkości jest częścią składową infrastruktury badawczej Laboratorium Szybkiego Prototypowania i Obliczeń Numerycznych Instytutu Łukasiewicza – PIAP i składa się z następujących głównych komponentów:

- a) robota przemysłowego KUKA KR16-2f (tab. 1) oraz 2-osioowego pozycjonera,
- b) urządzenia spawalniczego Fronius TPS400i (tab. 2),
- c) wyciągu dymów spawalniczych KEMPER.

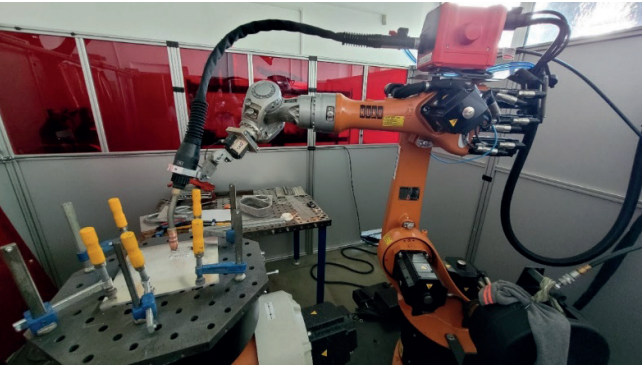
Stanowisko badawcze zostało zainstalowane w specjalnie przygotowanym do tego celu pomieszczeniu, które zarazem pełni funkcję komory roboczej stanowiska i zostało wyposażone w odpowiednią infrastrukturę (rys. 2).

Tab. 1. Dane techniczne robota KUKA KR16-2f [9]
Tab. 1. Technical data of the KUKA KR16-2f robot [9]

Liczba osi	6
Maksymalne obciążenie robota	16 kg
Maksymalny zasięg	1610 mm
Dokładność ruchów	0,05 mm
Zakresy osi podane w stopniach (kąt obrotu)	
Oś 1	185
Oś 2	od +35 do -155
Oś 3	od +154 do -130
Oś 4	350
Oś 5	130
Oś 6	350

Tab. 2. Dane techniczne Fronius TPS400i [10]
Tab. 2. Technical data Fronius TPS400i [10]

Maksymalny prąd spawania	400 A
Minimalny prąd spawania	3 A
Chłodzenie	cieczą
Rodzaj podajnika drutu	wbudowany
Napięcie trybu pracy jałowej	73 V
Tryby spawania	Manual/Standard/Puls
Możliwość CMT	Tak
Napięcie wyjściowe	14–34 V



Rys. 2. Stanowisko do wytwarzania addytywnego WAAM
Fig. 2. WAAM additive manufacturing station

3. Proces wytwarzania elementów do pobrania próbek

Płyta na próbki badawcze została wykonana w technologii WAAM ze stopu aluminium AlSi5. Podstawowe parametry procesu napawania, jakie użyto do wykonania płyty to:

- spawanie MIG/MAG,
- średnica użytego drutu: 1,0 mm,
- gaz osłonowy: Argon,
- przepływ gazu osłonowego: około 10 l/min
- prąd napawania: 95 A,
- napięcie: 22 V,
- prędkość ruchów robota: 80 cm/min.

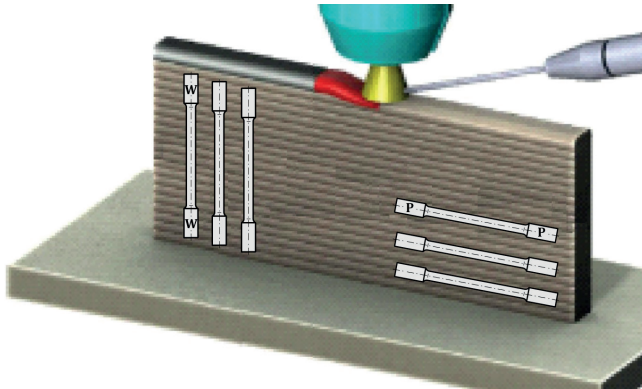
Wysokość fajki spawalniczej dla pierwszej warstwy wynosiła 10 mm od przygotówki, czyli 10-krotność średnicy drutu. Dodatkowym zabiegiem wykonywanym przed procesem napawania było odpowiednie przygotowanie podstawy modelowej. Polegało to na obróbce mechanicznej przez szczerkowanie powierzchni, a następnie jej odtłuszczenie za pomocą benzyny ekstrakcyjnej. Pominięcie tego procesu skutkuje zrywaniem łuku spawalniczego podczas napawania pierwszej warstwy modelu. Ponieważ aluminium jest materiałem silnie reaktywnym, to ważnym aspektem jest również zachowanie odpowiedniej czystości podczas procesu jego napawania. Stąd przed rozpoczęciem tego procesu starannie odkurzono komorę roboczą z pyłów, oczyszczono wylot fajki spawalniczej z dyszą prądową oraz podgrzano przygotówkę do około 170 °C.

Proces wytwarzania płyty na próbki polegał na wytworzeniu modelu czterech ścianek powstałych z jednej ścieżki napawanego materiału o przyroście warstwy rzędu 0,8 mm każda. Kierunek druku (układania ścieżek materiału) był zorientowany wzdłuż jednego z boków płyty. W efekcie końcowym uzyskano płytę o wymiarach 300 mm × 300 mm × 14 mm.

4. Przygotowanie próbek do testów na rozciąganie

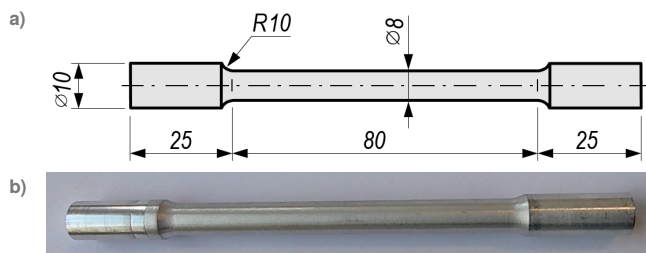
Płytę wykonaną w technologii WAMM pocięto na sześć próbek, których oś podłużna pokrywa się z wzdłużnym kierunkiem druku (od W1 do W6) i sześć próbek ułożonych poprzecznie do kierunku druku (od P1 do P6) zgodnie z rys. 3. Z tak pozyskanego materiału wykonano próbki o średnicy pomiarowej $d_0 = 8$ mm i długości pomiarowej $l_0 = 80$ mm. Wymiary próbek oraz przykładowo wykonaną próbkę do testu rozciągania przedstawiono na rys. 4.

Dodatkowo wykonano dwa odlewy z reszty materiału pozostałego po pocięciu płyty (rys. 5). Zgodnie z rys. 4a wytoczono z nich próbki, które pełniły rolę próbek odniesienia i oznaczono je L1 i L2.



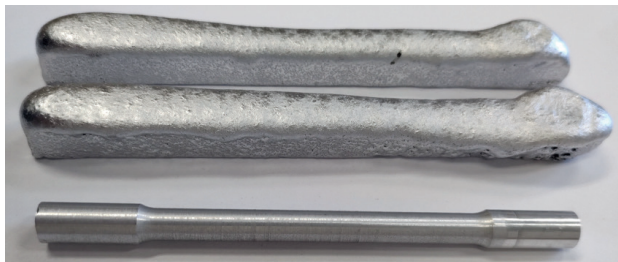
Rys. 3. Sposób ułożenia wycinanych próbek względem kierunku druku

Fig. 3. The way of arranging cut samples in relation to the printing direction



Rys. 4. Wymiary próbek (a) oraz przykładowo wykonana próbka (b)

Fig. 4. Dimensions of samples (a) and an example of a sample (b)



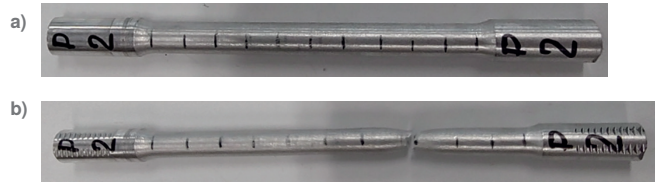
Rys. 5. Odlewy na próbki porównawcze

Fig. 5. Castings for comparative samples

5. Próby wytrzymałościowe

Do przeprowadzenia prób rozciągania [6, 7] wykorzystano uniwersalną maszynę wytrzymałościową typu ZD10 firmy Heckert (aktualne świadectwo wzorcowania Nr OUM6.6W1.473.2145.2022.2, wydane przez Okręgowy Urząd Miar w Gdańsku w dniu 28.11.2022 r.). Wykonano 14 testów

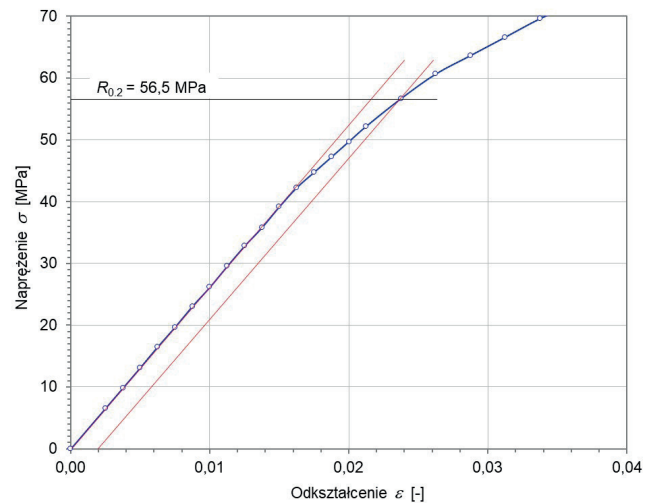
rozciągania: sześć dla próbek o kierunku druku wzdłuż ich osi, sześć dla kierunku druku poprzecznie do ich osi i dwie dla próbek odlewanych. Próbka P1 uległa zniszczeniu poza zakresem pomiarowym i została pominięta przy dalszych rozważaniach. W przypadku pozostałych próbek miejsce ich zerwania znajdowało się w zakresie pomiarowym. Na rys. 6 przedstawiono przykładową próbkę oznaczoną P2 przed i po teście rozciągania.



Rys. 6. Próbka P2 przed (a) i po teście rozciągania (b)

Fig. 6. Sample P2 before (a) and after tensile test (b)

Z uzyskanych wartości wydłużeń i odpowiadającym im siłom rozciągającym wyznaczono dla każdej próby naprężenia umowne σ i odkształcenia umowne ε , a na ich podstawie wykonano wykresy rozciągania $\sigma = f(\varepsilon)$. Wykorzystując powiększone fragmenty tych wykresów wyznaczono umowne granice plastyczności każdej próbki stosując metodę graficzną, którą na przykładzie próbki L1 przedstawiono na rys. 7 [8].



Rys. 7. Graficzna metoda wyznaczania umownej granicy plastyczności

Fig. 7. Graphical method for determining the conventional yield strength

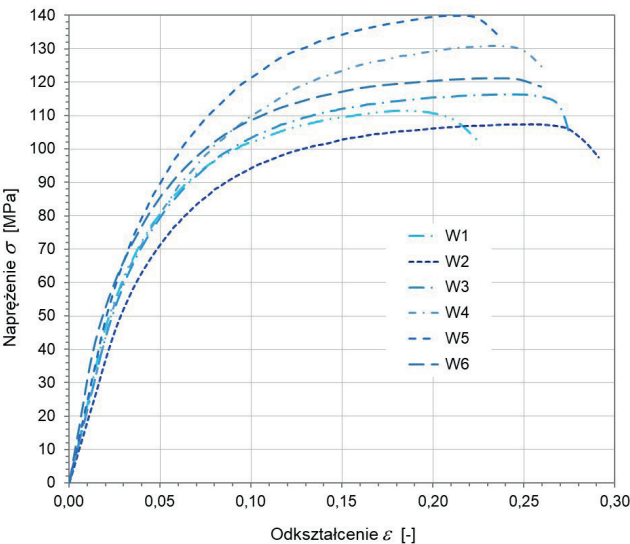
Wykresy rozciągania $\sigma = f(\varepsilon)$ próbek W1–W6, P2–P6 oraz L1–L2 przedstawiono odpowiednio na rys. 8, 9 i 10.

Wartości wyznaczonych umownych granic plastyczności i granic wytrzymałości na rozciąganie dla poszczególnych próbek oraz ich wartości średnie dla danego typu próbek zestawiono w tabeli 3.

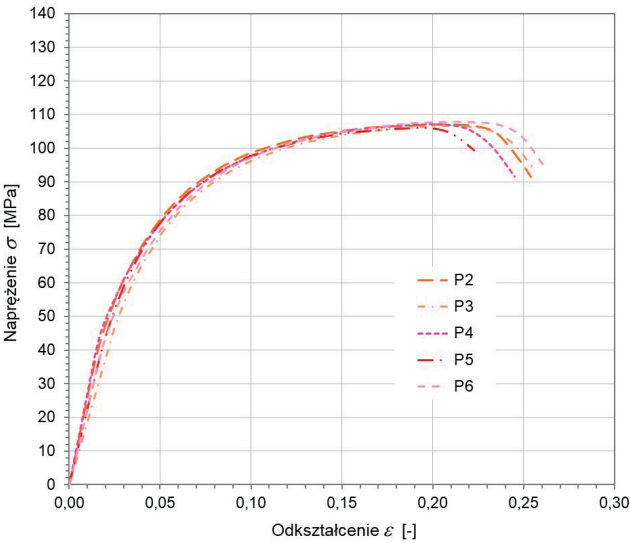
Pomiary próbek po zerwaniu pozwoliły określić kolejne dwa parametry porównawcze, tzn. ich wydłużenia względne A_{10} i przewężenia przekrojów w powstałej szyjce Z. Parametry te wyznaczono odpowiednio ze wzorów:

$$A_{10} = \frac{l_u - l_0}{l_0} \cdot 100\%, \quad Z = \frac{d_0^2 - d_u^2}{d_0^2} \cdot 100\%, \quad (1)$$

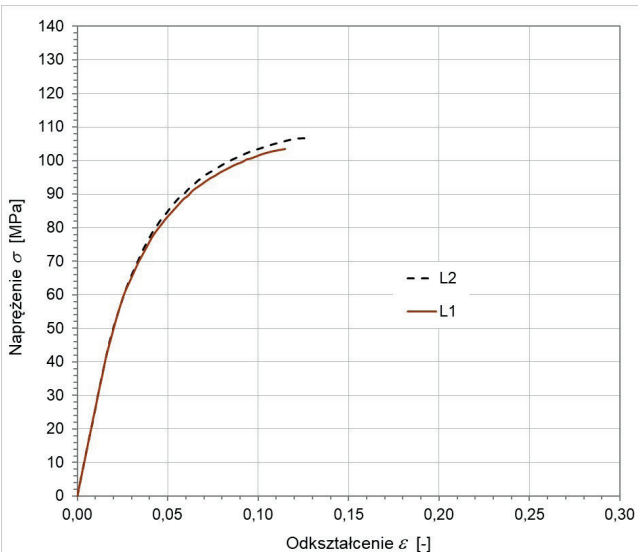
gdzie: l_0 – początkowa długość pomiarowa próbki, l_u – długość pomiarowa próbki po zerwaniu, d_0 – początkowa średnica pomiarowa próbki, d_u – średnica próbki w miejscu zerwania.



Rys. 8. Wykresy rozciągania próbek oznaczonych W1–W6
Fig. 8. Tensile stress diagrams for samples marked W1–W6



Rys. 9. Wykresy rozciągania próbek oznaczonych P2–P6
Fig. 9. Tensile stress diagrams for samples marked P2–P6



Rys. 10. Wykresy rozciągania próbek przygotowanych z odlewów oznaczonych L1 i L2
Fig. 10. Tensile stress diagrams of samples prepared from castings marked L1 and L2

Tab. 3. Wartości granic plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie
Tab. 3. Yield strength and tensile strength values

Oznaczenie próbki	Umowna granica plastyczności $R_{0,2}$ [MPa]		Wytrzymałość na rozciąganie R_m [MPa]	
	próbki	średnia	próbki	średnia
W1	55	55,6	111,4	121,2
W2	53		107,3	
W3	55		116,3	
W4	60		130,9	
W5	61		140	
W6	49,5		121,3	
P2	49	51,4	107	106,9
P3	56		106,7	
P4	49		107	
P5	52		106	
P6	51		107,8	
L1	56,5	56	103,5	105,05
L2	55,5		106,6	

Tab. 4. Wartości wydłużeń względnych i przewężeń przekrojów
Tab. 4. Values of relative elongations and narrowings of cross-sections

Oznaczenie próbki	Wydłużenie względne po zerwaniu A_{10} [%]		Przewężenie przekroju po zerwaniu Z [%]	
	próbki	średnia	próbki	średnia
W1	18	21,8	41,9	38,8
W2	24,1		39,9	
W3	23,3		45,6	
W4	22,0		30,5	
W5	19		33	
W6	24,5		41,9	
P2	22,5	20,6	49,2	48,5
P3	21,1		46,5	
P4	19,9		48,3	
P5	19		49,2	
P6	20,3		49,2	
L1	8,2	9,1	7,4	10,45
L2	10		13,5	

Wartości wyznaczonych wydłużeń względnych i przewężeń po zerwaniu poszczególnych próbek oraz ich wartości średnie dla danego typu próbek zestawiono w tabeli 4.

6. Podsumowanie

Z analizy otrzymanych wyników wynika, że próbki wycinane wzdłuż kierunku druku wykazują średnią wartość umownych granic plastyczności wynoszącą 55,6 MPa. Natomiast próbki wycinane poprzecznie charakteryzują się średnią granicą plastyczności o wartości 51,4 MPa. Wynika zatem, że próbki wzdłużne wykazywały większą średnią wartość granicy plastyczności o 8,2 % niż próbki poprzeczne. Z kolei średnie wartości granic plastyczności odlewanych próbek okazały się większe o 1,8 % od wartości tej granicy dla próbek wzdłużnych.

Średnia wartości wytrzymałości na rozciąganie próbek wzdłużnych jest większa o 13,4 % od średniej wartości tej granicy próbek poprzecznych. Natomiast odmienną sytuację mamy w przypadku próbek odlewanych, gdzie ich średnia wartość wytrzymałości okazała się mniejsza nawet od wytrzymałości próbek poprzecznych (o około 1,7 %), a w porównaniu do próbek wzdłużnych jest mniejsza o 15,3 %.

Z analizy i porównania wykresów rozciągania na rys. 8, 9 i 10 wynika, że próbki wzdłużne cechowały się największą wytrzymałością, a granicą plastyczności zbliżoną do próbek odlewanych, jednakże uwidacznia się tu znaczny rozrzut wartości tych granic oraz duża niepewność wykresów rozciągania. Całkiem przeciwną sytuację stwierdzamy w przypadku próbek poprzecznych, gdzie wartości wyznaczonych granic są co prawda mniejsze niż próbek wzdłużnych, jednak zarówno wartości ich granic, jak i ich wykresy są wyraźnie powtarzalne. Pozwala to wysunąć wniosek, że materiał wykonany w tej technologii jest wytrzymałościowo bardziej jednorodny w kierunku poprzecznym niż wzdłużnym.

Wydłużenie względne po zerwaniu próbek wzdłużnych jest większe o 5,8 % niż próbek poprzecznych i większe aż o 139 % niż odlewanych. Z kolei przewężenie próbek poprzecznych jest większe o 25 % niż próbek wzdłużnych i większe aż o 364 % od przewężenia próbek odlewanych.

Wytrzymałość próbek odlewanych okazała się zbliżona do wytrzymałości próbek poprzecznych, natomiast ich granice plastyczności były zbliżone do granic próbek wzdłużnych. Natomiast zarówno ich wydłużenie względne, jak i przewężenie znacznie odbiegają od wydłużenia względnego i przewężenia zarówno dla próbek wzdłużnych, jak i poprzecznych. Z oględzin kształtu próbek odlewanych po zerwaniu wynika, że nie powstaje w nich wyraźna szyjka, stąd zwłaszcza ich przewężenie jest niewielkie (rys. 11) i znacznie odbiega od przewężenia próbek wzdłużnych i poprzecznych. Ponadto z wykresu na rys. 10 wynika, że materiał po odlaniu wykazuje bardziej cechy materiału kruchego niż plastycznego, jak to ma miejsce w przypadku próbek wzdłużnych i poprzecznych.



Rys. 11. Próbkki z odlewów oznaczone L1 i L2 po zerwaniu
Fig. 11. Casting samples marked L1 and L2 after fracture

Podziękowania

Omówione badania zostały zrealizowane w ramach konkursu LIDER XI „Opracowanie ultralekkiej konstrukcji adapterów lotnych mocujących satelity do rakiety nośnej i ukierunkowa-

nych na produkcję przy wykorzystaniu technologii przyrostowych (0181/L-11/2019)”. Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, budżet projektu: 1 295 325 zł.

Bibliografia

1. Sobieski W., Kiński W., *Geometry extraction from GCODE files destined for 3D printers*, “Technical Sciences”, Vol. 23, No. 2, 2020, 115–130, DOI: 10.31648/ts.5644.
2. Duarte V.R., Rodrigues T.A., Schell N., Miranda R.M., Oliveira J.P., Santos T.G., *Hot forging wire and arc additive manufacturing (HF-WAAM)*, “Additive Manufacturing”, Vol. 35, 2020, DOI: 10.1016/j.addma.2020.101193.
3. Dhinakaran V., Ajith J., Fahmidha A.F.Y., Jagadeesha T., Sathish T., Stalin B., *Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) process of nickel based superalloys – A review*, “Materials Today: Proceedings”, Vol. 21, Part 1, 2020, 920–925, DOI: 10.1016/j.matpr.2019.08.159.
4. McAndrew A.R., Rosales M.A., Colegrove P.A., Hönnige J.R., Ho A., Fayolle R., Eyitayo K., Stan I., Sukrongpang P., Crochemore A., Pinter Z., *Interpass rolling of Ti-6Al-4V wire+arc additively manufactured features for microstructural refinement*, “Additive Manufacturing”, Vol. 21, 2018, 340–349, DOI: 10.1016/j.addma.2018.03.006.
5. Dudda W., *Influence of High Temperatures on the Mechanical Characteristics of 26H2MF and ST12T STEELS*, “Materials Science”, Vol. 55, No. 3, 2019, 435–439, DOI: 10.1007/s11003-019-00322-y.
6. Dudda W., *Mechanical Characteristics of 26H2MF and ST12T Steels under Compression at Elevated Temperatures*, “Strength of Materials”, Vol. 52, No. 2, 2020, 325–328, DOI: 10.1007/s11223-020-00181-y.
7. Dudda W., *Zagadnienia termicznego wyciężenia materiału żarowytrzymałego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, 2021, ISBN 978-83-8100-311-7.

Inne źródła

8. <http://www.kuka.com>.
9. <http://www.fronius.com>.

Tensile Strength Testing of Samples Made of Aluminum Alloy Using WAAM Technology

Abstract: The article presents the method of making elements and samples using the WAAM technology from the material AlSi5 alloy. Strength tests of samples made using this technology were carried out in the direction of printing with stitches arranged longitudinally and transversely in relation to the longitudinal axis of the sample. As reference tests, tensile tests were performed on samples cast from the same material, i.e. AlSi5.

Keywords: WAAM, yield strength, strength, additive technique

dr hab. inż. Waldemar Dudda

dudda@uwm.edu.pl

ORCID: 0000-0003-4083-9479

Autor jest obecnie kierownikiem Katedry Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn umiejscowionej na Wydziale Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. W 1996 r. ukończył jednolite studia magisterskie na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn, w 2003 r. doktoryzował się na Politechnice Gdańskiej w zakresie numerycznej mechaniki konstrukcji, a w 2022 r. habilitował na Wydziale Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Posiada dorobek związany z zagadnieniami numerycznej analizy konstrukcji ulegających degradacji, rewaloryzacją hipotez wytrzymałościowych, modelowaniem i analizą wytrzymałościową maszyn, urządzeń i konstrukcji w tym energetycznych, badaniami właściwości materiałów żarowytrzymałych, badaniami ośrodków porowatych. Współpracuje z Instytutem Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku, Instytutem Podstawowych Problemów Techniki w Warszawie, jak również z Politechniką Lwowską.



dr inż. Maciej Cader

maciej.cader@piap.lukasiewicz.gov.pl

ORCID: 0000-0003-0256-7214

Menedżer z ponad piętnastoletnim doświadczeniem w realizacji i zarządzaniu projektami badawczo-rozwojowymi na styku robotyki mobilnej, technologii addytywnych, automatyzacji przemysłowej oraz systemów inteligentnych. Od 2008 r. związany z Łukasiewicz – PIAP, od 2020 r. jest zastępcą dyrektora ds. badawczych. W latach 2020–2025 odpowiadał za strategiczną transformację działalności badawczej Instytutu na obszarach przemysłowych, inicjując i rozwijając nowe kierunki kompetencyjne, takie jak intralogistyka, automatyzacja w budownictwie oraz technologie telemedyczne. Odpowiada za zarządzanie portfelem projektów B+R, rozwój współpracy z partnerami przemysłowymi oraz instytucjami krajowymi i międzynarodowymi, a także za działania w zakresie komercjalizacji i transferu technologii. Wcześniej kierował Laboratorium Szybkiego Prototypowania i Obliczeń Numerycznych, był koordynatorem ds. współpracy z przemysłem wydobywczym, energetycznym i petrochemicznym, a także sekretarzem Rady Instytutu. Jest m.in. pomysłodawcą Koła Naukowego Creative Students – przestrzeni, w której studenci i doktoranci realizują interdyscyplinarne projekty z zakresu robotyki, cyfrowego odwzorowania rzeczywistości i szybkiego prototypowania. Występował jako prelegent na konferencji TEDx, prezentując wizjonerskie koncepcje z zakresu robotyki i ochrony środowiska. Absolwent Politechniki Warszawskiej (magister inżynier w zakresie robotyki), Politechniki Rzeszowskiej (doktor w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn), Lubelskiej Akademii WSEI (Menedżer R&D), Francuskiego Instytutu Zarządzania (MBA) oraz EY Business Academy (programy menedżerskie). Na co dzień kieruje się podejściem opartym na myśleniu lateralnym oraz koncepcjach typu „out of the box”.



mgr inż. Wojciech Kiński

wojciech.kinski@piap.lukasiewicz.gov.pl

ORCID: 0000-0003-4973-7604

Absolwent Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie (magister inżynier w zakresie mechaniki i budowy maszyn), obecnie doktorant Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Od 2020 r. związany z Łukasiewicz-PIAP. Obecnie kierownik Laboratorium Szybkiego Prototypowania i Obliczeń Numerycznych w Sieci Badawczej Łukasiewicz-Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP w Warszawie. Dorobek naukowy głównie związany z technologiami przyrostowymi.

