



Dobór materiału oraz proces wytwarzania Pługu do Hondy Varadero 125

E. Giza^a, J. Koczuba^a, J. Konieczny^b, P. Snopiński^c

^a Student(ka) Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Projektowanie materiałowe i komputerowa nauka o materiałach.
e-mail: ewelina.giza1666@gmail.com, asia.koczuba@gmail.com

^b Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Transportu Kolejowego
e-mail: jaroslaw.konieczny@polsl.pl

^c Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów
Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład technologii Procesów Materiałowych, Zarządzania i
Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie.
e-mail: przemyslaw.snopinski@polsl.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono dokładnie przeanalizowany dobór materiału dla pługu Hondy Varadero 125.

Abstract: This article presents a carefully considered choice of material for the plow Honda Varadero 125.

Słowa kluczowe: pług do Honda Varadero 125, dobór materiału, stopy aluminium

1. Wstęp

Proces projektowania części motocykla składa się z wielu etapów. Kryteria jakie musi spełniać element zależą od wykonywanych przez niego zadań. Oprócz własności wytrzymałościowych niezwykle ważnym aspektem jest wygląd, oraz koszt gotowego produktu, na który składa się technologia wykonania. Dokładna analiza kryteriów jakie ma spełniać produkt, jest niezbędna w celu optymalnego wykonania zadania.

Koncern motocyklowy Honda wypuścił na rynek model, który w swoim zastosowaniu przemierza nie tylko miejskie przestrzenie ale także świetnie sprawdzający się w jeździe terenowej. Osłona zwana pługiem (ang. skid plate, under cowl) to element zabezpieczający dolną część motocykla. Chroni rurę wydechową oraz silnik przed uszkodzeniami mechanicznymi. Ze względu na charakter Hondy Varadero, oraz częste wykorzystywanie jej w jazdach terenowych jest to chętnie montowany element zabezpieczający najważniejsze elementy motocykla przed odpryskami kamiennymi.

Celem niniejszej pracy był dobór materiału pługa dla modelu Hondy Varadero 125 z roku 2009 [1].

2. Wybór materiału dla pługu Hondy Varadero 125.

Powszechnie stosowanym materiałem do wytwarzania pługów jest aluminium. W celu doboru najlepszego gatunku, drogą selekcji wykorzystano trzy stopy aluminium różniące się zastosowaniem, parametrami obróbki i własnościami. Wybrane gatunki aluminium to:

- 2017A,
- 5754,
- 7075 [2]

Wybrane stopy aluminium dostarczone były w stanie po obróbce plastycznej na zimno. Stopy 2017A oraz 7075 mogą być obrabiane cieplnie dzięki czemu znacząco poprawiają się ich własności mechaniczne. W ramach niniejszej pracy wybrane stopy aluminium zostały obrobione cieplnie, następnie wykonano badania struktury (rentgenowska analiza fazowa jakościowa, mikroskopia świetlna i skaningowa z analizą EDS) i badania odporności korozyjnej oraz pomiar twardości [2].

2.1. Aluminium 2017A

Blachy, które wytwarza się ze stopu 2017A wykorzystywane są do produkcji elementów konstrukcyjnych samolotów, części maszyn, podzespołów przemysłu motoryzacyjnego oraz części maszyn. Stop ten cechuje się dobrymi własnościami wytrzymałościowymi, wysoką odpornością zmęczeniową. Ich odporność na korozję jest średnia, istnieje możliwość spawania wiązką elektronową oraz zgrzewania punktowego. Aluminium z gatunku 2017A nadaje się także do anodowania utwardzającego [3,5]. Skład chemiczny stopu podano w tabeli 2.1.1. a własności fizyczne w tabeli 2.1.2

Tab.2.1.1. Skład chemiczny stopu 2017A[3,4]

Tab.2.1.1. The chemical composition of alloy 2017A [3,4]

Cu	Mg	Mn	Si	Fe	Zr+Ti	Zn	Cr	Inne	Al.
3,5-4,5%	0,4-1%	0,4-1%	0,2-0,8%	Max. 0,7%	Max 0,25%	Max. 0,25%	Max. 0,1%	Max. 0,15%	Pozostałość

Tab.2.1.2. Właściwości fizyczne stopu 2017A[3,4]

Tab.2.1.2. The physical properties of the alloy 2017A [3,4]

Gęstość	2,79 g/cm ³
Moduł sprężystości E	72500 MPa
Moduł sprężystości poprzecznej G	27200 MPa
Liczba Poissona	0,33
Temperatura krzepnięcia	510 °C
Temperatura płynięcia	645 °C
Ciepło właściwe	873 J/kgK
Współczynnik rozszerzalności cieplnej	22,9 μm/mK
Opór właściwy	51 nWm
Przewodność cieplna	134 W/mK
Przewodność elektryczna	34 IACS

2.2. Aluminium 5754

Blachy ze stopu 5754 wykorzystywane są do budowy zbiorników ciśnieniowych, przewodów pneumatycznych/hydraulicznych oraz elementów rurociągów. Z powodzeniem

stop 5754 znajduje zastosowania w przemyśle chemicznym, architektonicznym, samochodowym, stoczniowym oraz w budownictwie. Tak szerokie zastosowanie zawdzięcza wysokiej odporności korozyjnej w warunkach przemysłowych oraz w otoczeniu wody morskiej, wysokiej wytrzymałości zmęczeniowej oraz średniej wytrzymałości na rozciąganie. Blachy wykonane z tego stopu doskonale nadają się do spawania wiązką elektronowa oraz łukiem krytym, dodatkowo istnieje możliwość anodowania koloryzującego, utwardzającego i ochronnego [4,6]. Skład chemiczny stopu podano w tabeli 2.2.1. a własności fizyczne w tabeli 2.2.2.

Tab. 2.2.1. Skład chemiczny stopu 5754 [4,6]

Tab. 2.2.1. The chemical composition of the alloy 5754 [4,6]

Mg	Mn+Cr	Mn	Fe	Si	Cr	Zn	Ti	Cu	Inne	Al
2,6-3,6%	0,10-0,6%	Max. 0,50%	Max. 0,40%	Max. 0,40%	Max. 0,30%	Max. 0,20%	Max. 0,15%	Max. 0,10%	Max. 0,15%	reszta

Tab.2.2.2. Właściwości fizyczne stopu 5754 [4,6]

Tab.2.2.2. The physical properties of the alloy 5754 [4,6]

Gęstość	2,68 g/cm ³
Moduł sprężystości E	70500 MPa
Moduł sprężystości poprzecznej G	26500 MPa
Liczba Poissona	0,33
Temperatura krzepnięcia	595 °C
Temperatura płynięcia	645 °C
Ciepło właściwe	897 J/kgK
Współczynnik rozszerzalności cieplnej	23,7 µm/mK
Opór właściwy	53 nWm
Przewodność cieplna	132 W/mk
Przewodność elektryczna	32,5 %IACS

2.3.Aluminium 7075

Stop 7075 znajduje zastosowanie przede wszystkim w przemyśle lotniczym oraz sportowym. Wykorzystuje się go do produkcji elementów wyjątkowo mocno obciążonych, ponadto znajduje zastosowanie jako formy rozdmuchowe, elementy tłoczników oraz wykrojników. Stop ten cechuje się bardzo wysoką wytrzymałością zmęczeniową oraz mechaniczną, jest ona porównywalna ze stałą konstrukcyjną. Jest średnio odporny na korozję, za to bardzo dobrze nadaje się do obróbki elektroerozyjnej, szlifowania oraz polerowania [5,7]. Skład chemiczny stopu podano w tabeli 2.3.1. a własności fizyczne w tabeli 2.3.2.

Tab.2.3.1. Skład chemiczny stopu 7075 [4,7]

Tab.2.3.1. The chemical composition of the alloy 7075 [4,7]

Zn	Mg	Cu	Fe	Si	Mn	Cr	Zr+Ti	Ti	Inne	Al.
5,1-6,1%	2,1-2,9%	1,2-2,0%	Max. 0,50%	Max. 0,40%	Max. 0,30%	0,18-0,28%	Max. 0,25%	Max. 0,20%	Max. 0,15%	reszta

Tab.2.3.2 Właściwości fizyczne stopu 7075 [4,7]

Tab.2.3.2 The physical properties of the alloy 7075 [4.7]

Gęstość	2,81 g/cm ³
Moduł sprężystości E	72000 MPa
Moduł sprężystości poprzecznej G	27100 MPa
Liczba Poissona	0,33
Temperatura krzepnięcia	475 °C
Temperatura płynięcia	635 °C
Ciepło właściwe	862 J/kgK
Współczynnik rozszerzalności cieplnej	23,5 µm/mK
Opór właściwy	52 nWm
Przewodność cieplna	134 W/mK
Przewodność elektryczna	22 IACS

3. Materiał do badań i metody badawcze.

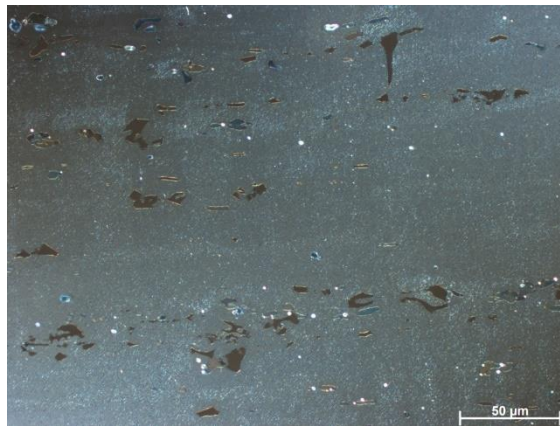
Badaniom poddano próbki ze stopów aluminium 2017A, 5754, 7075. W pierwszym etapie wykonano obróbkę cieplną stopów zgodnie z normą PN-EN 573-3 a następnie wykonano badania struktury przy użyciu mikroskopu świetlnego Zeiss Axio Observer w świetle spolaryzowanym oraz w polu jasnym a także elektronowego mikroskopu skaningowego (SEM) Zeiss SUPRA 35 z zastosowaniem analizy składu chemicznego w mikroobszarach - EDS. Wykonano również rentgenowską analizę fazową jakościową wykorzystując dyfraktometr rentgenowski X'Pert PRO marki PANalytical. Ponadto dokonano badań odporności korozyjnej próbek przed i po obróbce cieplnej a także pomiaru twardości badanego materiału [8].

Do badań metalograficznych próbki szlifowano oraz polerowano przy użyciu zawiesiny diamentowej firmy Caméo. Następnie próbki poddano trawieniu w kwasie fluorowodorowym w porcjach 50 ml HF oraz 200 ml H₂O.

Badanie mikroskopowe próbek przed obróbką cieplną

Aluminium 2017A oraz 5754

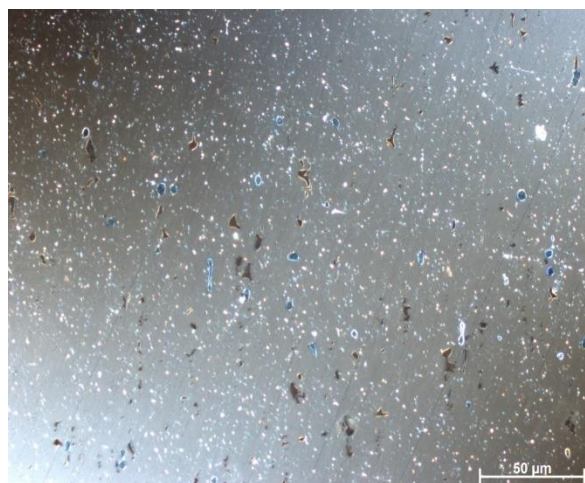
Badanie próbki 2017A oraz 5754 wykonano na mikroskopie świetlnym przy użyciu światła spolaryzowanego. Na zdjęciach (rys. 4-6) widać charakterystyczne pasy, które są pozostałością po obróbce plastycznej na zimno zakupionych formatek aluminiowych. Na zdjęciach widoczne są wydzielenia. Podczas analizy EDS na mikroskopie skaningowym wykazano, że są w nich obecne: Cu, Mn, Mg dla stopu 2017A oraz Cu, Mn, Mg, Mn, Cr, i inne takie jak Si oraz Fe dla stopu 5754.



Rys.4. Mikrostruktura stopu aluminium 2017A; zgląd nietrawiony, mikroskop świetlny
Figure 4. The microstructure of aluminum alloy 2017A;metallographic section undigested, light microscopy



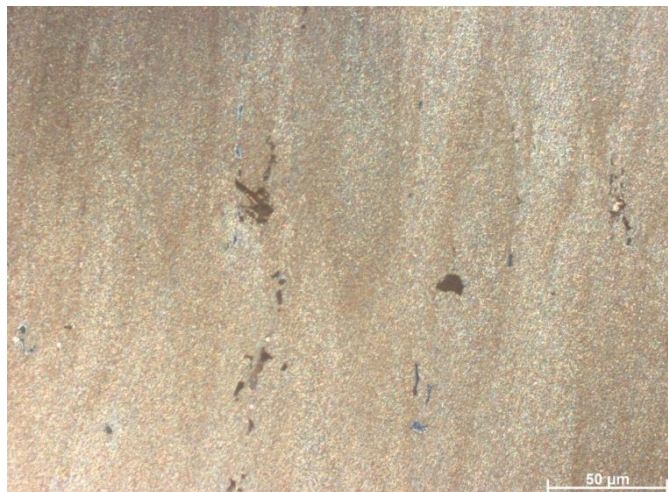
Rys.5. Mikrostruktura stopu aluminium 2017A; zgląd nietrawiony, mikroskop świetlny
Figure 5. The microstructure of aluminum alloy 2017A;metallographic section undigested, light microscopy



Rys.6. Mikrostruktura stopu aluminium 5754; zgląd nietrawiony, mikroskop świetlny
Figure 6. The microstructure of aluminum alloy 5754;metallographic section undigested, light microscopy

Aluminium 7075

Badanie próbki 7075 wykonano na mikroskopie świetlnym przy użyciu światła jasnego. Na zdjęciu widać charakterystyczne pasy, które są pozostałością po obróbce plastycznej na zimno, tak jak w poprzednio podanych formatkach. Na zdjęciach widoczne są wydzielenia: Zn, Mg lub np. Cu.

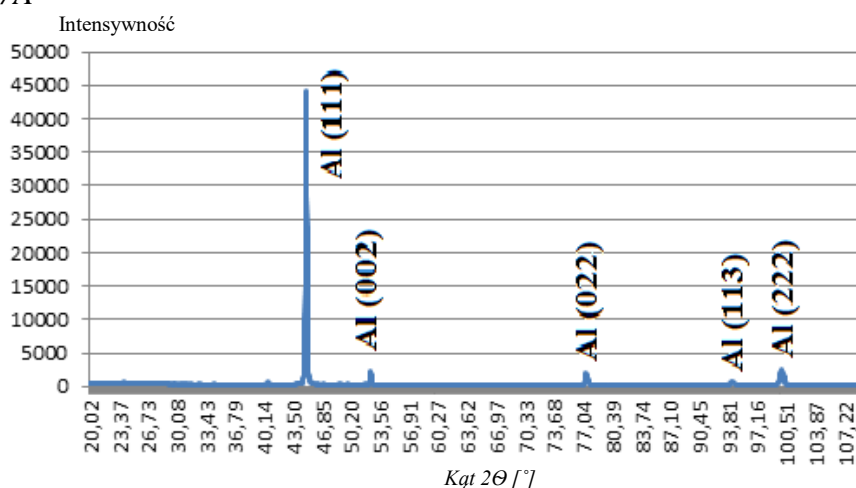


Rys. 7. Mikrostruktura stopu aluminium 7075; zgląd nietrawiony, mikroskop świetlny
Figure 7. The microstructure of aluminum alloy 7075; metallographic section undigested, light microscopy

Badanie rentgenograficzne stopów aluminium

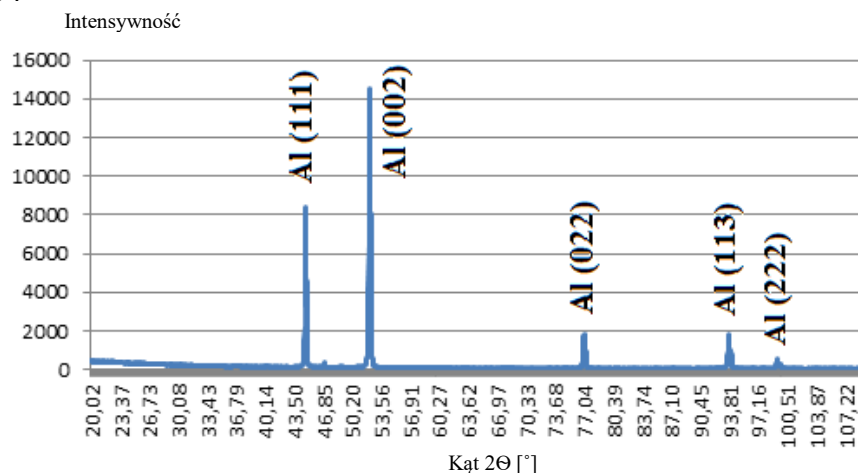
Wyniki rentgenowskiej analizy fazowej jakościowej przedstawiono na rysunkach 8-10. Na wykresach widoczne są jedynie refleksy pochodzące od fazy α -Al. Jest to spowodowane tym, że w stopach tych pierwiastki stopowe występują w ilościach poniżej progu wykrywalności, który wynosi $>3\%$ udziału objętościowego (tab. 2.1.1.; 2.2.1. i 2.3.1.).

Stop 2017A



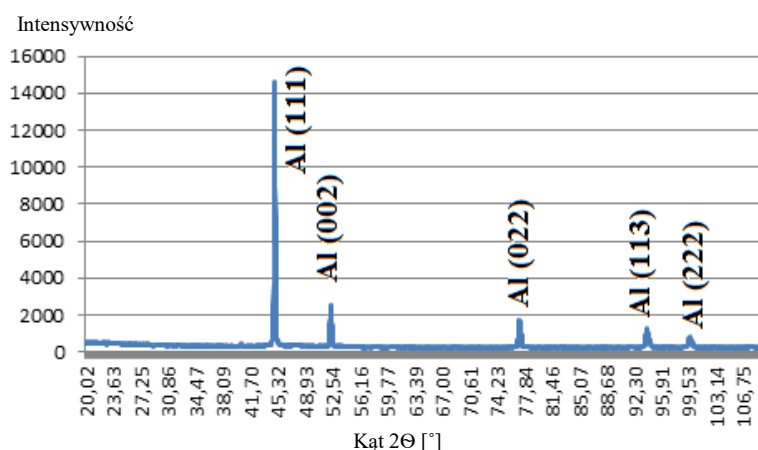
Rys.8. Wyniki rentgenowskiej analizy fazowej jakościowej stopu 2017A.
Figure 8. The results of X-ray phase analysis of qualitative alloy 2017A.

Stop 5754



Rys.9. Wyniki rentgenowskiej analizy fazowej jakościowej stopu 5754
 Figure 9. The results of X-ray phase analysis of qualitative alloy 5754

Stop 7075



Rys.10. Wyniki rentgenowskiej analizy fazowej jakościowej stopu 7075
 Figure 10. The results of X-ray phase analysis of qualitative alloy 7075

Obróbka cieplna – przesykanie

Materiał po przesykaniu wykazuje niewielką twardość i wytrzymałość. By uzyskać pożądany efekt należy po procesie przesykania wykonać starzenie [9].

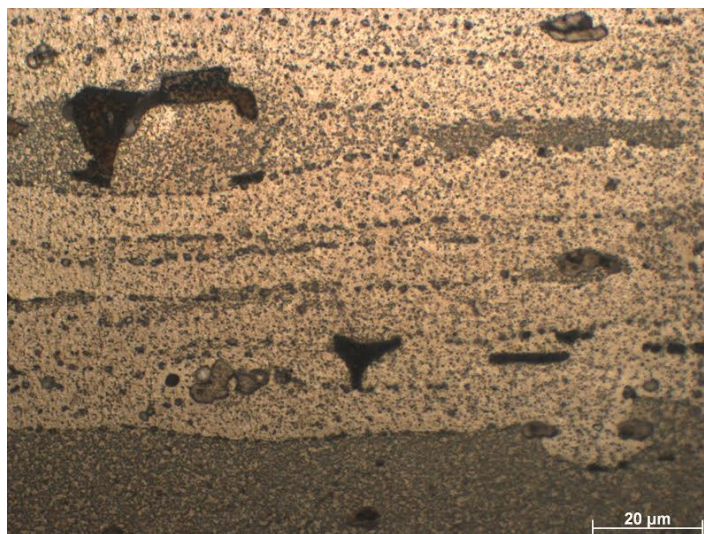
Przebieg badania dla stopu 2017A oraz 7075

Próbki aluminium gatunku 2017A oraz 7075 przesykano w temperaturze 510°C przez 1 h.

Wyniki badań mikroskopowych przesyconych próbek**Aluminium 2017A**

Badanie próbki 2017A wykonano na mikroskopie świetlnym przy użyciu światła jasnego (Rys.11) przedstawia strukturę stopu Al w stanie przesyconym. Struktura widoczna na zdjęciu ukazuje pojedyncze wydzielenia, które mogły pozostać mimo zastosowanego odczynnika

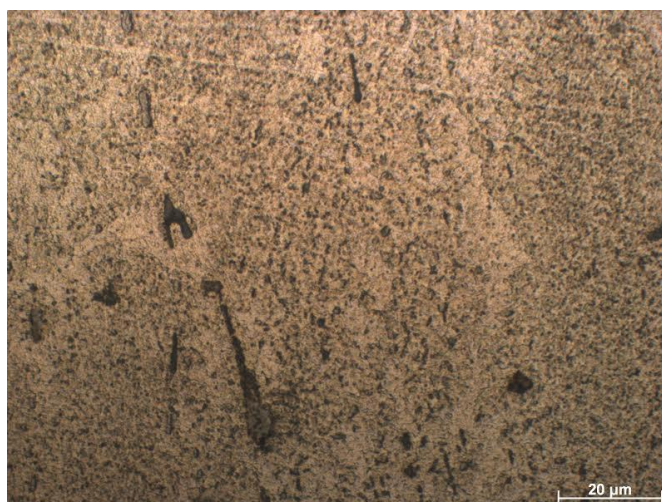
i nie zredukować się całkowicie. Widać również wyraźne ciemniejsze pasmo u dołu, które pozostało po walcowaniu. Powstały tam podłużne ziarna.



*Rys.11 . Mikrostruktura stopu aluminium 2017A;
zgląd po przesycaeniu, mikroskop świetlny*
*Figure 11. The microstructure of aluminum alloy 2017;
metallographic section after
supersaturation, light microscopy*

Aluminium 7075

Badanie próbki 7075 wykonano na mikroskopie świetlnym przy użyciu światła jasnego (Rys.12). Zdjęcie przedstawia strukturę stopu Al w stanie przesyconym.



*Rys.12. Mikrostruktura stopu aluminium 7075;
zgląd po przesycaeniu, mikroskop świetlny*
*Figure 12. The microstructure of aluminum alloy 7075;
metallographic section after supersaturation, light microscopy*

Obróbka cieplna – starzenie

Starzenie jest drugim etapem, z którego składa się proces umocnienia wydzieleniowego. W trakcie starzenia dochodzi do wydzielenia się z roztworu przesyconego składnika przesycającego w postaci drobnych faz o określonym stopniu dyspersji. Do starzenia może dochodzić w sposób naturalny w temperaturze pokojowej, lub sztucznie – poprzez ogrzewanie materiału przez określony czas w odpowiedniej temperaturze [9].

Przebieg badania dla stopu 2017A

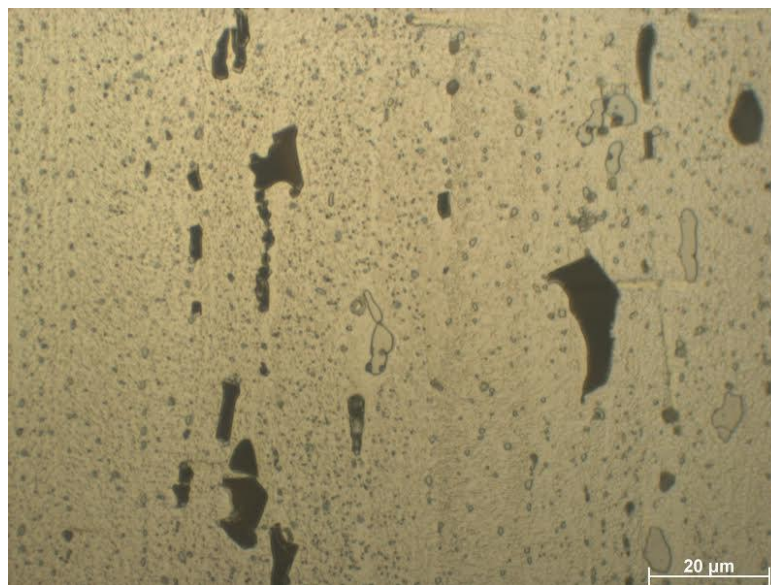
Gatunek aluminium 2017A należy do grupy stopów, w których zachodzi zjawisko naturalnego starzenia, co skutkuje wzrostem własności wytrzymałościowych bez konieczności dalszej obróbki cieplnej materiału.

Przebieg badania dla stopu 7075

Ponieważ stop–aluminium 7075 nie ulega samoistnemu starzeniu, w celu umocnienia wydzieleniowego dokonano starzenia sztucznego w temperaturze 120°C przez okres 2 h z chłodzeniem na powietrzu.

Aluminium 2017

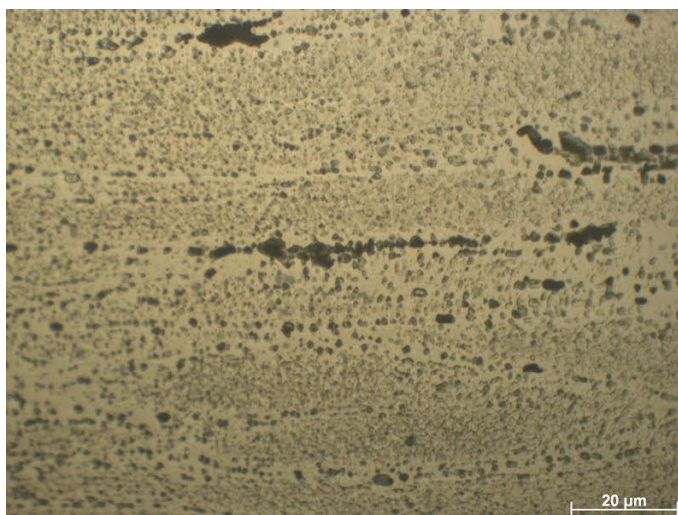
Badanie próbki 2017A wykonano na mikroskopie świetlnym przy użyciu światła jasnego. Zdjęcie (rys. 13) przedstawia strukturę stopu Al po utwardzeniu wydzieleniowym. Próbka została przesycona w 510°C przez 1h a następnie poddana samoistnemu starzeniu przez okres miesiąca. Na zdjęciu widoczne są wydzielenia dość sporych rozmiarów (czarne/ciemne). Są to najprawdopodobniej pierwotne wydzielenia czystego krzemu.



Rys.13. Mikrostruktura stopu aluminium 2017A;
zgląd po przesycaeniu, mikroskop świetlny
Figure 13. The microstructure of aluminum alloy 2017A;
metallographic section after supersaturation, light microscopy

Aluminium 7075

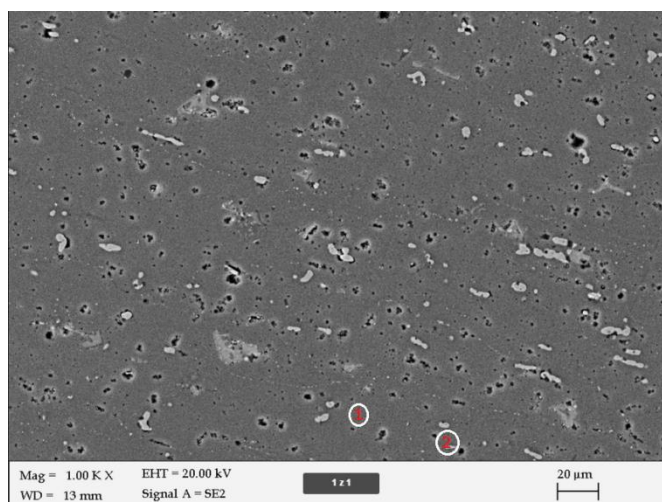
Badanie próbki 7075 wykonano na mikroskopie świetlnym przy użyciu światła jasnego. Na rys. 14 widoczna jest struktura stopu 7075 w stanie umocnienia wydzieleniowego. Próbka została przesycona w 510°C przez 1h, następnie poddana sztucznemu starzeniu w 120°C przez 2 h i chłodzona na powietrzu. Na zdjęciu widać mniejsze ciemne wydzielenia niż na rysunku 13. Charakteryzują się one też bardzo wydłużonym kształtem niż te w stopie 2017A.



Rys.14. Mikrostruktura stopu aluminium 7075; zgląd po sztucznym starzeniu, mikroskop świetlny
Figure 14. The microstructure of aluminum alloy 7075; metallographic section after artificial aging, light microscopy

Analiza EDS na elektronowym mikroskopie skaningowym

Przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego wykonano analizę jakościową oraz ilościową składu chemicznego w mikroobszarach (EDS).



Rys.15. Struktura stopu 2017A; SEM
Figure 15. Structure of alloy 2017A; SEM

Na podstawie wykonanej analizy EDS stwierdzono obecność osnowy α -Al, w której częściowo rozpuściła się Cu oraz Al_2Cu , które zostało uwidocznione po obróbce cieplnej. Wykryte fazy (Tab.3.1. i 3.2.) skonfrontowano z danymi podanymi w literaturze [10].

Tab.3.1. Fazy wykryte podczas badania EDS; obszar nr 1.

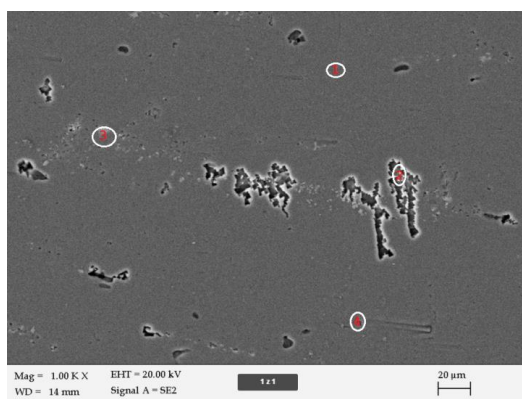
Tab.3.1. Phases detected during the test EDS; Area 1.

Element	Wt%	At%
CuL	03.01	01.30
AlK	96.99	98.70

Tab.3.2. Fazy wykryte podczas badania EDS; obszar nr 2.

Tab. 3.2. Phases detected during the test EDS; Area 2.

Element	Wt%	At%
AlK	52.00	71.84
CuK	48.00	28.16



Rys.16. Struktura stopu 5754; SEM.
Figure16. Structure of alloy 5754; SEM.

Na podstawie analizy EDS określone zostały wydzielenia takie jak: α -Al, w którym częściowo rozpuścił się Mg w osnowie oraz Mg_2Si [β -(Mg_2Si)], $Al_{15}(FeMn)_3Si_2$, Al_3Mg_2 uwidocznione po procesie obróbki cieplnej. Wykryte fazy (Tab.3.3. i 3.4. oraz 3.5.) zestawiono z danymi podanymi w literaturze [10].

Tab.3.3. Fazy wykryte podczas badania EDS; obszar nr 1.

Tab.3.3. Phases detected during the test EDS; Area 1.

Element	Wt%	At%
MgK	04.48	04.95
AlK	95.52	95.05

Tab.3.4. Fazy wykryte podczas badania EDS; obszar nr 2.

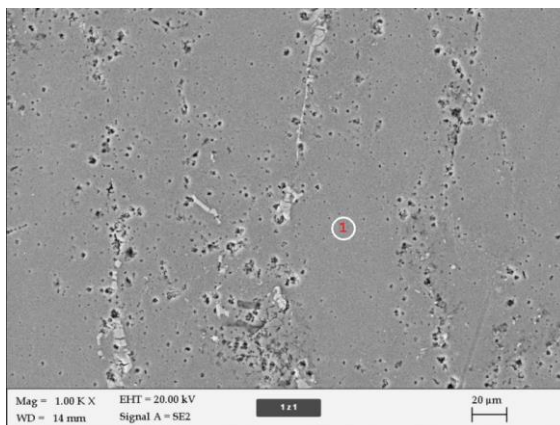
Tab.3.4. Phases detected during the test EDS; Area 2.

Element	Wt%	At%
MgK	04.25	04.72
AlK	81.67	81.75
SiK	14.08	13.54

Tab.3.5. Fazy wykryte podczas badania EDS; obszar nr 3.

Tab.3.5. Phases detected during the test EDS; Area 3.

Element	Wt%	At%
MgK	02.74	03.43
AlK	71.40	80.71
SiK	03.13	03.40
MnK	05.39	02.99
FeK	17.34	09.47



Rys.17. Struktura stopu 7075; SEM.

Figure 17. Structure of alloy 7075; SEM

Po przeprowadzonej analizie EDS ujawniono obecność wydzielenia, które jest odpowiedzialne za efekt umocnienia w badanym stopie 7075. Wykryte fazy (Tab.3.6.) porównano z danymi podanymi w literaturze [10].

Tab.3.6. Fazy wykryte podczas badania EDS; obszar nr 1.

Tab.3.6. Phases detected during the test EDS; Area 1.

Element	Wt%	At%
ZnL	06.92	02.96
MgK	04.55	05.24
AlK	88.52	91.80

Wyniki pomiaru twardości

Pomiar twardości przeprowadzono na twardościomierzu Rockwella [2]. Wyniki przedstawiono w Tab.3.7.

Tab.3.7. Wyniki badania na twardościomierzu Rockwella.

Tab.3.7. The results of the study on Rockwell Hardness.

Stop aluminium	Bez obróbki cieplnej		Po obróbce cieplnej	
	Średnia twardość	Odchylenie standardowe	Średnia twardość	Odchylenie standardowe
2017A	98,1	0,35	92,9	0,91
5054	56,9	2,91	-	-
7075	106,5	1,37	98,1	2,85

Wnioski

Wśród stopów obrabianych cieplnie, najwyższą twardością charakteryzuje się stop 7075, która jest o 5,23 wyższa niż stop 2017A ulepszany cieplnie. Nie są to jednak najwyższe właściwości. Stop 7075 wykazał nieco wyższą twardość podczas badania na próbce bez umacniania wydzieleniowego. Jednak różnica między tymi wynikami to 8,37 i oba stopy kwalifikują się do dalszej weryfikacji.

Badanie odporności korozyjnej

W celu zbadania odporności korozyjnej stopów aluminium, próbki poddano ekspozycji w 20% roztworze solanki na czas 14 dni. Przed i po badaniu dokonano pomiaru wagi badanych próbek w celu obliczenia procentowej ilości spadku masy świadczącej o szybkości postępowania korozji.

Przebieg badania

Badaniom poddano próbki po obróbce cieplnej z serii 2017A oraz 7075, jak i próbki bez obróbki cieplnej z serii 2017A, 5054 oraz 7075. Wyniki badań przedstawiono w Tab. 3.8.

Tab.3.8. Wyniki pomiarów masy podczas badania korozyjnego [2].
Tab.3.8. The results of measuring the mass of the corrosion test [2].

Seria próbki	Obróbka cieplna	Waga początkowa	Waga końcowa	Ubytek masy
2017A	Nie	16,1222	16,1188	0,0217%
2017A	Tak	18,2107	18,2049	0,0318%
5754	Nie	16,0375	16,0296	0,0492%
7075	Nie	17,8143	17,8049	0,0527%
7075	Tak	18,1811	18,1797	0,0077%

WNIOSKI

Badanie miało na celu wybranie najbezpieczniejszego materiału, który w styczności z środowiskiem słonym takim jakie występuje w okresie jesienno-zimowym podczas obsypywania dróg solą zachowa najlepsze własności odpornościowe. W celu określenia wpływu obróbki cieplnej na odporność korozyjną wybranych stopów aluminium badania wykonano na stopach przed jak i po obróbce cieplnej.

Najlepszą odpornością korozyjną w badanym teście charakteryzuje się stop 7075, gdzie ubytek masy wyniósł zaledwie 0,0077%. To najniższy wynik, dla porównania ta sama próbka, która nie została umocniona cieplnie wykazała ubytek masy na poziomie 0,0527%. Przy serii 2017A próbka poddana naturalnemu starzeniu wykazała ubytek masy na poziomie 0,0318%, który jest nieco wyższy niżeli próbka nie poddana ulepszeniu cieplnemu z wynikiem 0,0217%. Wpływ na wynik mógł mieć zbyt mały czas naturalnego starzenia. Próbka z serii 5754 wykazała ubytek na poziomie 0,0492%. Podsumowując, na podstawie uzyskanych wyników, spośród badanych materiałów najlepszą odpornością korozyjną na działanie solanki charakteryzuje się stop 7075.

Dobór materiału

Na podstawie wykonanych badań laboratoryjnych w drodze selekcji wybrano stop aluminium 7075 po obróbce cieplnej przeprowadzonej zgodnie z literaturą [8].

Czynnikiem decydującym o wyborze materiału była jego odporność na korozję w warunkach 20% zasolenia jak i jego twardość. Są to bardzo istotne aspekty, gdyż Honda Varadero jako motocykl szosowo-terenowy musi zmagać się z wieloma czynnikami pogodowymi oraz środowiskowymi. W okresie zimowym może być narażone na sól drogową, ale również na różnego rodzaju uszkodzenia mechaniczne będące wynikiem jazdy po różnym terenie. Skład chemiczny sprzyja odporności korozyjnej, wytrzymałości zmęczeniowej oraz mechanicznej. Wyniki analizy EDS potwierdzają, że w stopie tym, w wyniku obróbki cieplnej, występuje efekt utwardzania wydzieleniowego, które umacnia strukturę stopu.

LITERATURA

1. Strona internetowa:
<http://scigacz.pl/Honda,Varadero,125,2009,dane,techniczne,5277,im.html>
2. Giza E., Koczuba J.; *Projekt osłony silnika dla Hondy Varadero 125*; Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny-Technologiczny; Przedmiot: Projektowanie materiałowe i komputerowa nauka o materiałach.
3. Strona internetowa: <http://www.metale-kolorowe.eu/aluminium/blachy-aluminiowe-EN-AW-2017A.html>
4. Bieчек W., Bywalec R., Kulig R.; *Metale Nieżelazne*; wyd. METALE Agencja Promocyjna, Wrocław 2011.
5. Strona internetowa: <http://swiataluminium.com.pl/3-blachy-aluminiowe.html> , 15.06.2015
6. Strona internetowa: <http://www.metale-kolorowe.eu/aluminium/blachy-aluminiowe-EN-AW-5754.html>
7. Strona internetowa: <http://www.metale-kolorowe.eu/aluminium/blachy-aluminiowe-EN-AW-7075.html>
8. Dobrzański L.A ; *Leksykon materiałoznawstwa na CD. Praktyczne zestawienie norm polskich, zagranicznych i międzynarodowych*; wyd. Verlag Dashofer
9. Strona internetowa: <http://www.bodycote.com/pl-PL/services/heat-treatment/solution-and-age.aspx>
10. MacKenzie D. S., Totten G.E.; *Handbook of Aluminium Volume 1 Physical Metallurgy and Processes*; wyd. Marcel Dekker, INC, New York 2003.