



POLISH ACADEMY OF SCIENCES - COMMITTEE OF MATERIALS SCIENCE
SILESIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY OF GLIWICE
INSTITUTE OF ENGINEERING MATERIALS AND BIOMATERIALS
ASSOCIATION OF ALUMNI OF SILESIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Conference
Proceedings

12th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ACHIEVEMENTS IN MECHANICAL & MATERIALS ENGINEERING

Wysokotemperaturowa kruchość miedzioniklu*

R. Nowosielski, P. Sakiewicz, P. Gramatyka

Zakład Materiałów Nanokrystalicznych i Funkcjonalnych oraz Zrównoważonych Technologii Proekologicznych, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice

W pracy analizowano wpływ wielkości ziarna w miedzioniklu CuNi25 na przebieg efektu temperatury minimalnej plastyczności. Badania plastyczności przeprowadzono za pomocą statycznej próby rozciągania w zakresie temperatur 400 - 800 °C. Podjęto również próbę wyjaśnienia przyczyn występowania obniżonej plastyczności w zakresie temperatury podwyższonej.

1. WPROWADZENIE

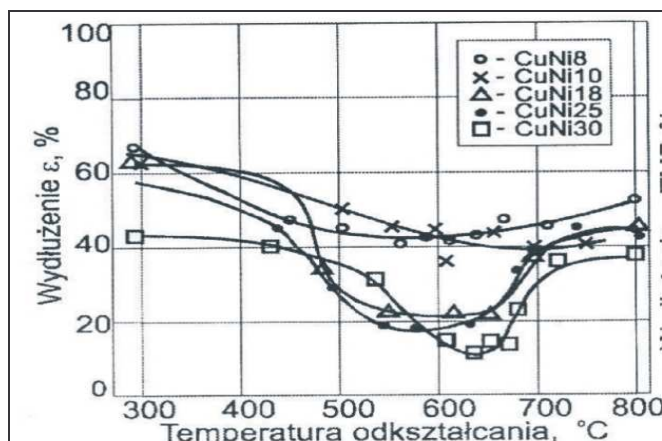
Stopy miedzi z niklem ze względu na swoje szczególne własności mechaniczne, odporność chemiczną, duży opór właściwy prawie niezależny od temperatury, znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle. Jako stop jednofazowy stanowią także ciekawy materiał do badań nad zjawiskiem temperatury minimalnej plastyczności (TMP), charakteryzujący się występowaniem minimum makroskopowo mierzonej plastyczności materiału w funkcji temperatury odkształcenia. Zjawisko to można zaobserwować podczas: rozciągania, walcowania, kucia, prasowania, skręcania, ściskania itp. Temperatura występowania efektu minimalnej plastyczności mieści się w zakresie $\approx 0,3 \div 0,6$ temperatury homologicznej.

Efekt ten został wielokrotnie opisany w literaturze [1-4] występuje w prawie wszystkich metalach i ich stopach, niezależnie od sposobu odkształcenia oraz bez względu na historię materiału (materiał odlewany, kuty, wyciskany, przeciągany). Szereg badań dotyczących wyjaśnienia tego efektu nie doprowadziło jednak do jednoznacznego wyjaśnienia przyczyn jego występowania. W swej istocie jest on skomplikowany ze względu na złożoność procesów przebiegających w polikryształach. Budowa krystaliczna metali determinuje w rzeczywistych próbkach różne wartości naprężeń umożliwiające wpływające odkształcanie plastyczne poszczególnych miejsc w zależności od niejednorodności: geometrycznej prowadzącej do koncentracji naprężeń, wielkości ziarna, składu chemicznego, rozkładu temperatury, szybkości odkształcenia itp. Dlatego dla opisu procesu odkształcenia plastycznego w miedzioniklach w zakresie TMP przyjęto podobnie jak w mosiędzach [5] model tzw. miejsc „miękkich” i „twardych”. Lokalizacja procesu odkształcenia w małej objętości materiału powoduje powstawanie pęknięć pomiędzy obszarami „miękkimi”, gdzie zachodzą procesy aktywowane cieplnie, a obszarami „twardymi”, które przy danym poziomie naprężeń nie odkształcają się.

Szereg badań [3,6], przeprowadzonych na wielu miedzioniklach, potwierdziło zachodzenie zjawiska efektu minimalnej plastyczności (rys.1). Badania przeprowadzane na innych stopach [4]

* Autorzy uczestniczą w realizacji projektu CEEPUS Nr PL-013/03-04 kierowanego przez Prof. L.A. Dobrzańskiego.

wykazały, iż przebieg zjawiska TMP jest skorelowany z rozmiarami ziarna, dlatego w niniejszej pracy zbadano wpływ wielkości ziarna na przebieg właściwości plastycznych stopu CuNi25.



Rys.1. Zależność wydłużenia od temperatury rozciągania z szybkością $3 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ odlewanych stopów CuNi [6].

W badaniach przeprowadzonych na mosiądzach [7] stwierdzono zachodzenie efektu charakteryzującego się lokalnymi zmianami składu chemicznego a mianowicie wzrostem stężenia cynku przy granicach ziaren, prowadzącymi do powstawania mikroszczelin i pęknięć.

Celem przeprowadzonych badań było zweryfikowanie zachodzenia podobnego zjawiska w miedzioniklu.

2. PRZEBIEG BADAŃ

Badany materiał CuNi25 o składzie podanym w tabeli 1 otrzymano w postaci wlewka o wymiarach 250x400x600, następnie kilkakrotnie przekuto w temperaturze 900-1100°C, na pręty o średnicy od 17-19 mm, które przeciągnięto na zimno na \varnothing 15mm. Materiał został podzielony na części, które poddano obróbce cieplnej w celu uzyskania zróżnicowanej wielkości ziaren. Pierwszą grupę prętów poddano wyżarzaniu w temperaturze 800°C przez 30 minut, w wyniku czego otrzymano ziarno o średniej wielkości 50 μm , drugą wyżarzone w tej samej temperaturze przez 8 godzin i otrzymane ziarno o wielkości 150 μm . Trzecią serię wyżarzone w 1000°C przez 8 godzin, uzyskano w ten sposób niejednorodny materiał zbudowany z ziaren o wielkości od 200 μm do nawet 1,5mm w skrajnych przypadkach, przy czym średnia wielkość ziarna wynosiła 400 μm . Następnie z otrzymanego materiału wytoczono próbki do statycznej próby rozciągania w podwyższonych temperaturach, która została przeprowadzona na maszynie wytrzymałościowej INSTRON 1195 z szybkością odkształcania $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$. Po wykonaniu statycznej próby rozciągania próbki były natychmiast chłodzone w wodzie, aby zachować strukturę odkształconego materiału.

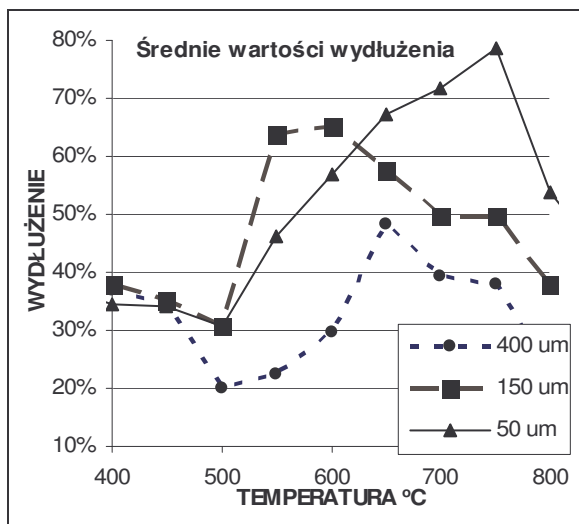
Tabela1. Skład chemiczny badanego miedzioniklu

Skład chemiczny	Cu	Ni	Mn	Fe	Co	Reszta
% masowy	74,1 %	25,5	0,247	0,089	0,003	0,006

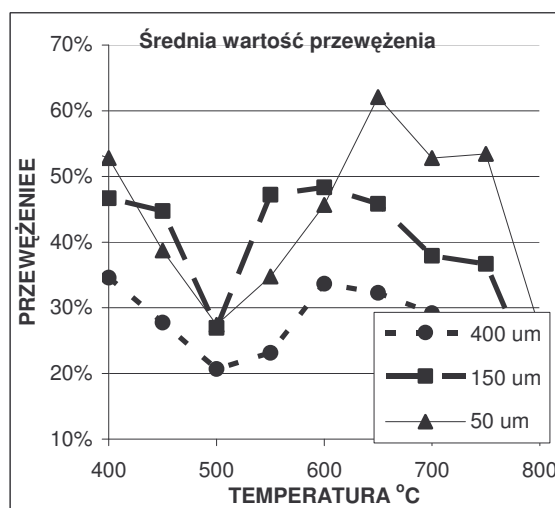
Zakres temperatur rozciągania został przyjęty na podstawie doniesień literaturowych i zawierał się w przedziale 400 - 800 °C, ze stopniowaniem co 50°C. Na każdy punkt pomiarowy przypadało 5 próbek. Zgłady poddano badaniom metalograficznym, oraz przeprowadzono obserwacje na mikroskopie świetlnym oraz skaningowym w zakresie powiększeń 5x do 2000x. Dokonano także punktowej i liniowej analizy składu chemicznego za pomocą spektrometru energodispersyjnego firmy Oxford Instruments.

3. WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Wyniki przeprowadzonych prób rozciągania miedzioniklu CuNi25 w zakresie temperatur 400 - 800°C, potwierdzają występowanie zjawiska temperatury minimalnej plastyczności we wszystkich zbadanych przypadkach (rys. 2,3). Stwierdzono, że zakres TMP występuje w przedziale od 450°C do 550°C. Jest to zakres temperatury, w którym zanotowano obniżone własności plastyczne stopu



Rys.2. Wpływu wielkości ziarna na wartość średniego wydłużenia w CuNi25.



Rys.3. Wpływu wielkości ziarna na wartość średniego przewężenia w CuNi25

Minimum przewężenia i wydłużenia występuje w temperaturze 500°C. Różnice pomiędzy uzyskanymi rezultatami a wynikami opublikowanymi w pracy J.P.Chubb J. Bilingham [6] mogą wynikać z:

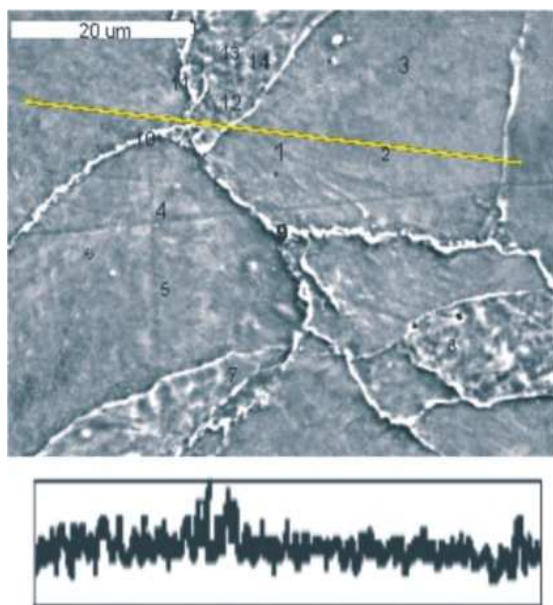
- różnicy składu chemicznego, badany przez nas stop zawierał ok. 0.2 % Mn, nie zawierał Bi, natomiast stop badany w [6] zawierał Bi a nie zawierał Mn,
- historii technologicznej materiału, stop z badań [6] był stopem odlewniczym, w naszym wypadku materiał został kilkakrotnie poddany procesowi obróbki plastycznej.

Wielkość ziarna nie wpływa w istotny sposób na występowanie minimum plastyczności. We wszystkich przypadkach minimum określono na 500°C, ewentualne odchylenia mogą wynikać z przyjętego interwału pomiaru temperatury. Wielkość ziarna ma natomiast wpływ na zmiany wydłużenia i przewężenia - zauważalne jest spłaszczenie przebiegu krzywej plastyczności wraz ze wzrostem wielkości ziarna.

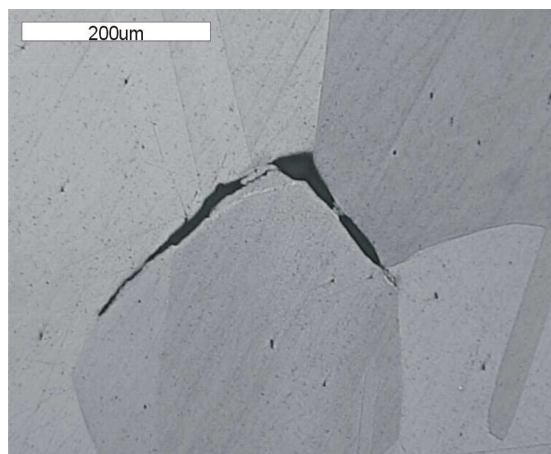
Przeprowadzona punktowa analiza koncentracji pierwiastków w próbkach odkształcanych w zakresie TMP, dokonana za pomocą spektrometru energodispersyjnego wykazała;

- zmniejszenie stężenia Mn pomiędzy obszarami w środku ziaren a obszarami przy granicy ziaren, wynoszącą w skrajnych przypadkach nawet 0,11%,
- przy granicach ziaren zauważono także wzrost zawartości Ni, różnica pomiędzy skrajnymi obszarami sięgała nawet 1,5%. Dokładność tego badania jest zapewne obarczona pewnym błędem wynikającym z różnicy pomiędzy grubością granicy ziarna mniejszej od 1μm a poziom minimalnego obszaru wzbudzenia wynoszącym dla CuNi 1-1,5 μm².

Wyniki badań punktowych potwierdza liniowa analiza stężenia niklu z widocznym zwiększeniem w punkcie spotkania się granic trzech ziaren (rys 4). Zaobserwowane zjawisko jest potwierdzeniem przyjętego modelu miejsc miękkich i twardych, może to tłumaczyć większą ilość pęknięć zlokalizowanych przy granicach dwóch oraz trzech ziaren (rys 5).



Rys. 4 Struktura miedzioniklu CuNi25 o wielkości ziarna 50 μm odkształconego w temperaturze 500°C z wykresem liniowej analizy koncentracji Ni, mikroskop skaningowy 2000x



Rys 5. Struktura miedzioniklu CuNi25 o wielkości ziarna 400 μm odkształconego w temperaturze 550°C.

4. WNIOSKI

- Na podstawie przeprowadzonych badań można wyciągnąć następujące wnioski;
- dla wszystkich serii próbek stwierdzono występowanie efektu minimalnej plastyczności, który wystąpił w przedziale 450 - 550°C, minimum w temperaturze 500°C,
 - minimalne wartości zarówno wydłużenia jak i przewężenia są do siebie zbliżone i wynoszą: dla serii o wielkości ziarna 50 μm i dla serii 150 μm około 29 %, a dla serii 400 μm około 20%,
 - zaobserwowana segregacja pierwiastków na granicach ziaren może być jednym z wielu powodów występowania efektu minimalnej plastyczności w stopie miedzioniklu.

LITERATURA

1. F.N. Rhines and P.J. Wray, Trans AMS 54 (1961)118.
2. C. Uphergrove and H.I. Burgof, Elevated temperature properties of cooper and cooper based alloys, ASTM Special Publication Nr 181, Philadelphia, 1956.
3. S.A. Gavin: *Effect of trace impurities on hot ductility of as-cast cupronickel alloys*, Metals Technology, 11 / 1979, p. 397 - 401.
4. R. Nowosielski, *Eksplikacje efektu minimalnej plastyczności mosiądzów jednofazowych*, Zeszyty Naukowe Pol. Śl. 2000r.
5. R. Nowosielski, Proc. of the 4th Inter. Conf. Advanced in Materials and procesing Technologies, KualaLumpur, Maleysja, 24-28 August (1998) 113.
6. J.P. Chubb J. Bilingham: Metals Technology 3/ 78 s.100.
7. D.B Butrymowicz, T.J.Picconr, J.,R. Manning,: Metallography, 16 (1983), s. 349