



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

Conference
Proceedings

12th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ACHIEVEMENTS IN MECHANICAL & MATERIALS ENGINEERING

Ocena przełomów struny ze stali austenitycznej za pomocą SEM

A.K. Lis, H. Stokłosa, K. Belec, Z. Nitkiewicz

Wydział Inżynierii Procesowej, Materiałowej i Fizyki Stosowanej, Instytut Inżynierii Materiałowej,
42-200 Częstochowa, Armii Krajowej 27, Politechnika Częstochowska, Polska

Ocenić poddano przełom struny wykonanej ze stali austenitycznej. Badania fraktograficzne przeprowadzono za pomocą SEM. Skład chemiczny ustalono z wykorzystaniem EDS ISIS 300. Zaobserwowano ciągliwość stali w temperaturze ciekłego azotu oraz występowanie dużej ilości węglików. Stwierdzono niską jakość metalurgiczną badanej stali i potencjalny brak przydatności materiału do produkcji strun.

1. WPROWADZENIE

Badania w Politechnice Częstochowskiej podjęto jako kontynuację badań pana Rudigera Haasa. Są to badania rozpoznawcze, stanowiące podstawę do podjęcia współpracy z TU Vienna: Institute for Solid State Physics/ Institute for Material Science and Testing /Austria/.

2. MATERIAŁ DO BADAŃ I METODYKA

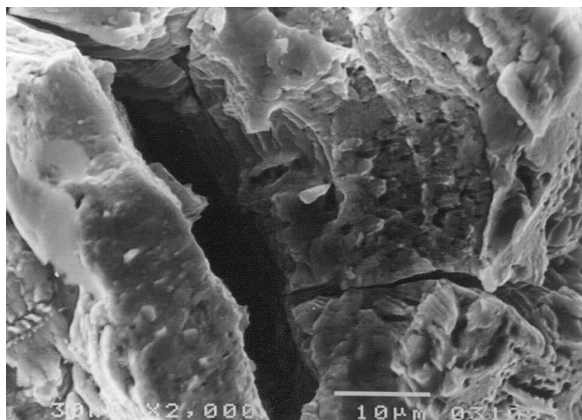
Materiał do badań stanowiły struny E firmy Galli Strings (Włochy). Metodyka obejmowała ocenę charakteru przełomów za pomocą SEM oraz mikroanalizy EDX z wykorzystaniem EDS ISIS 300.

3. BADANIA FRAKTOGRAFICZNE I ICH ANALIZA

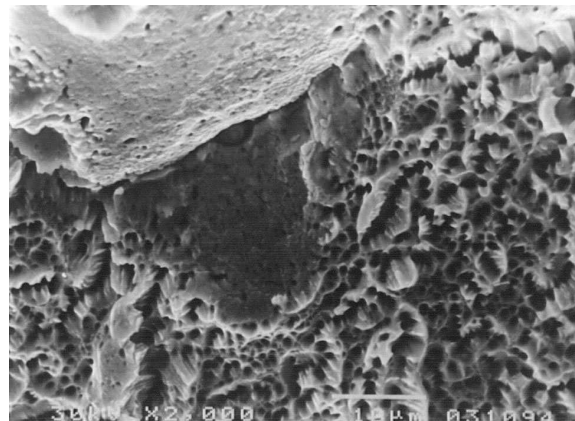
Stwierdzono wyraźnie występowanie przełomów ciągliwych w temperaturze badania próbki $LN_2 = 77$ K. Udział przełomu ciągliwego w postaci „cup cone” – dołczków w centralnej części oceniono na 100%. Tylko w obszarach zewnętrznych zaobserwowano przełomy ciągliwe, powstałe wskutek ścinania - oddziaływania naprężeń tnących w szyjce próbki. Sporadycznie w obszarach występowania dużych rozwarstwień stwierdzono obecność wydłużonych wtrąceń niemetalicznych o wymiarach kilku μm (rysunek 1). Zaobserwowano również duże elipsoidalne wtrącenie (ok. 4 μm) licząc po dłuższej osi elipsy, które powodowało znaczne rozwarstwienia w przełomie próbki, co przedstawiono na rysunku 2. Ogólną charakterystykę przełomu przedstawiono na rysunku 3.

W tabeli 1 przedstawiono skład chemiczny badanej stali, natomiast w tabeli 2 - skład chemiczny kulistego węgliku widocznego na rysunku 4.

Z analizy składu chemicznego wydzielenia węglkowego wynika, że jest to wydzielenie typu $M_{23}C_6$, które powstało prawdopodobnie na węglu tytanu.



Rys. 1. Widoczne duże rozwarstwienie z wtrąceniami niemetalicznymi. Pow. 2000 X.



Rys. 2. Elipsoidalne wtrącenie w rozwarstwowym przełomie. Pow. 2000 X.

Ponieważ linia K_{α} tlenu pokrywa się z liniami $Cr L_{\alpha, \beta}$ a zawartość chromu została oceniona na 17% atomowych (29% wagowych) to można spodziewać się, nieoznaczonej przez EDS, obecności tlenu w połączeniu z glinem w postaci Al_2O_3 . Niewykluczone, że stal w procesie metalurgicznym była uspokojona Al, stąd względnie duże stężenie Al w węglu.

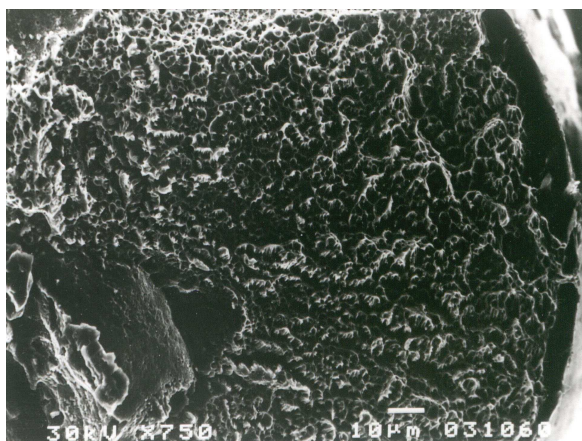
Obserwowano węgliki o kształcie kwadratowym, który może świadczyć, że są to węgliki pierwotne o wymiarach rzędu 2 μm i więcej.

Tabela 1
Skład chemiczny analizowanej stali (%)

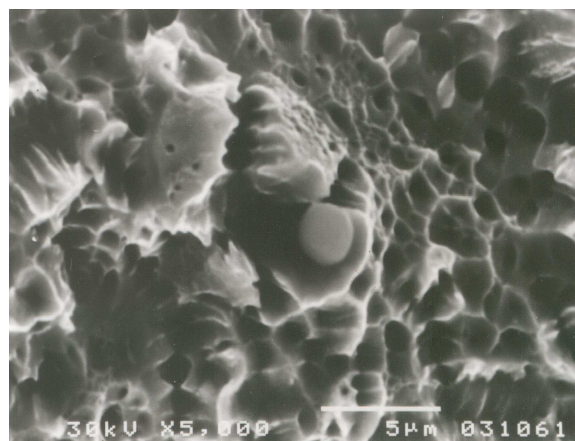
pierwiastek	typ linii	udział atomowy	udział wagowy
Al	K_{α}	0.27	0.55
Si	K_{α}	0.27	0.54
Cr	K_{α}	18.96	20.05
Mn	K_{α}	1.36	1.36
Fe	K_{α}	70.82	69.71
Ni	K_{α}	8.32	7.79
SUMA		100	100

Tabela 2
Skład chemiczny badanego węgliku (%)

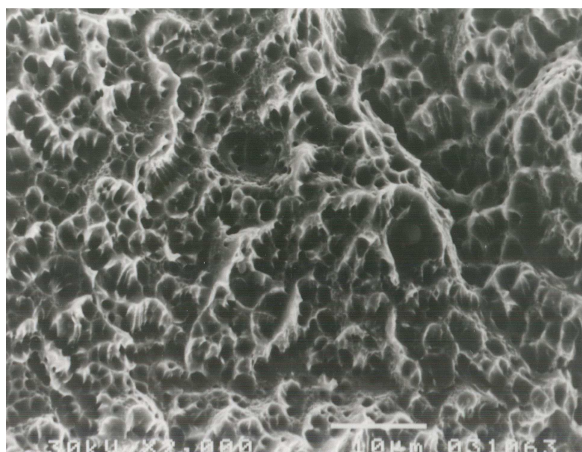
pierwiastek	typ linii	udział atomowy	udział wagowy
C	K_{α}	22.23	55.77
Al		1.32	1.48
Si	K_{α}	0.35	0.38
Ti	K_{α}	1.32	0.83
Cr	K_{α}	29.02	16.82
Mn	K_{α}	14.23	7.80
Fe	K_{α}	28.08	15.15
Ni	K_{α}	3.45	1.77
SUMA		100	100



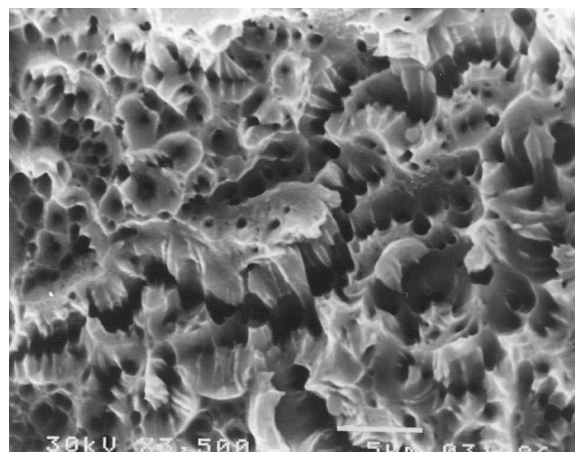
Rys. 3. Typowy przelom ciągliwy struny o składzie podanym powyżej. Pow. 750 X.



Rys. 4. Widok przelomu ciągliwego z kulistym węglikiem. Pow. 5000 X.



Rys. 5. Przelom ciągliwy stali austenitycznej z widocznym wydzieleniem węglkowym. Pow. 2000 X.



Rys. 6. Rozwarcie od łańcuchowo skupionych węglików. Pow. 3500 X.

W wyniku obserwacji za pomocą SEM stwierdzono obecność pól, w których występuje duża ilość drobnych węglików sferoidalnych – rysunek 5. Powstały one w wyniku obróbki cieplno-plastycznej, którą przeszła stal do momentu wytworzenia struny. Natomiast cienkie płaskie płytki, które mogą być płytkami cementytu stopowego, obserwowano na powierzchniach płaskich rozwarstwień. Nie są to odłamki siarczków ponieważ analiza chemiczna nie wykazała obecności siarki.

W obszarach ciągliwych występuje widoczny efekt rozwarć od łańcuchowo skupionych węglików (rysunek 6).

Obecność Ti została potwierdzona analizą podaną w tabeli 2. Dodany do stali tytan nie był w stanie zestabilizować struktury austenitycznej poprzez utworzenie węglików tytanu - względnie węglikoazotków tytanu i stąd występują produkty przemiany austenitu.

Wobec niemożności przeprowadzenia pomiarów przewężenia tradycyjnymi metodami postanowiono dokonać pomiarów średnicy przewężenia na obrazach uzyskanych za pomocą SEM. Wyliczone średnie pole przelomu wynosi $27313.68 \mu\text{m}^2$. Obliczone przewężenie wynosi 44.33 % przy średnicy wyjściowej struny $\phi = 250 \mu\text{m}$.

4. WNIOSKI

Przełomy badanej stali są ciągliwe w temperaturze ciekłego azotu. Natomiast w wyższych temperaturach (po wyjęciu z ciekłego azotu) badaną strunę było bardzo trudno złamać.

Stal zawiera dużą ilość węglików pierwotnych i bliżej nieokreślonych jeszcze wtrąceń niemetalicznych, które powodują rozwarstwienia w przelomie.

Naszym zdaniem z gatunku stali, prawdopodobnie 1H18N9T, o tak niskiej czystości metalurgicznej, nie powinno się wykonywać strun, szczególnie stosowanych do skrzypiec wyższej klasy. Stwierdzone zróżnicowanie nasycenia wydzieleniami i wtrąceniami w strunie na jej długości może wpłynąć na pogorszenie własności sonicznych to jest zmianę charakteru brzmienia wskutek lokalnych zmian wielkości odkształceń sprężystych struny.

LITERATURA

1. Galli Strings S.r.l., 80132 Napoli, Italy (2003).
2. K. Beleć, A. Bochenek, A. K. Lis, J. Staniów i J. Such, XXXI Szkoła Inżynierii Materiałowej, Kraków-Krynica, 2003.
3. A. K. Lis i inni. Sprawozdanie dla KBN z realizacji projektu badawczego nr. 7T08B 008 11, Modyfikacja struktury i własności mechanicznych bardzo niskowęglowych stali bainitycznych utwardzanych wydzieleniowo, Politechnika Częstochowska, (1999).