ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1980

Seria: HUTNICTWO z. 20 Nr kol. 636

Adolf MACIEJNY, Wojciech SZKLINIARZ
Grzegorz NIEWIELSKI

Politechnika Śląska - Gliwice
Instytut Inżynierii Materiałowej - Katowice

ZASTOSOWANIE MIKROSKOPU SKANINGOWEGO DO OCENY ILOŚCIOWEJ PRZEŁOMÓW W STALI AUSTENITYCZNEJ Cr-Mn

Streszczenie. W pracy opisano zastosowanie metody ilościowej oceny przełomów stali austenitycznej chromowo-manganowej przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego. Dla zróżnicowania struktury przełomów badania udarności prowadzono w różnych temperaturach.

W strukturze przełomów stali łamanej w różnych temperaturach zaobserwowano 3 typy przełomów, które następnie określano w sposób ilościowy i przedstawiono w formie tzw. kart budowy przełomu. Pozwoliło to na określenie wpływu temperatury na strukturę przełomów w sposób ilościowy jak i wpływu struktury przełomów na uzyskaną udarność.

1. WSTĘP

Badania fraktograficzne rozwinęły się początkowo jako metoda makroskopowa, pozwalająca klasyfikować przełomy na podstawie ich wyglądu przy obserwacji nie uzbrojonym okiem lub pod lupą. Szerokie możliwości badania struktury przełomów otworzyły się w momencie zastosowania do tych celów mikroskopu elektronowego, który okazał się szczególnie przydatny do badań fraktograficznych ze względu na około 1000-krotnie większą od mikroskopu świetlnego głębię ostrości.

Początkowo badania mikrofraktograficzne na mikroskopie elektronowym prowadzono głównie techniką replik matrycowych przy zastosowaniu jako matrycy kolodium lub folii aluminiowej.

Wadą replik matrycowych jest możliwość występowania błędów odwzorowania, szczególnie w przypadku zbyt dużego reliefu powierzchni. Znacznie dokładniejsze odwzorowanie szczegółów przełomu dają bezpośrednie repliki węglowe, których preparatyka jednak jest znacznie trudniejsza.

W ostatnich latach dzięki wprowadzeniu mikroskopu skaningowego badania fraktograficzne weszły w nowy etap rozwoju [1] . Mikroskop skaningowy daje bowiem możliwości bezpośredniej obserwacji przełomów. Duża powtarzalność badań oraz prostota metody stwarzają podstawy do rozwoju fraktografii ilościowej.

Dla określenia tzw. temperatury przejścia w stan kruchy najczęściej wykorzystuje się metodę seryjnych badań udarności w różnych temperaturach. Dotyczy to szczególnie metali i stopów o sieci przestrzennie - centrycznej, gdzie obserwuje się wyraźne zmiany udarności wraz z temperaturą.

Dla wysokomanganowych stali austenitycznych nie obserwuje się gwałtownych zmian udarności wraz z temperaturą i dlatego w tym przypadku temperaturę przejścia w stan kruchy należy określać w oparciu o kryterium charakteru przełomu (procent przełomu ciągliwego) [2].

W pracy [3] prowadzono badania stali austenitycznej manganowej G13 w celu określenia temperatury przejścia w stan kruchy.

Budowę przełomów badano na replikach węglowych zdjętych z powierzchni przełomów, uzyskanych w różnych temperaturach, przy użyciu mikroskopu elektronowego "TESLA", określając procentowy udział w przełomie składowej,ciągliwej i kruchej. Dla ilościowego określenia składowych przełomu dla każdej temperatury przeglądnięto 200 - 300 pól na replice przy pow. 10 000 x.

Podobną metodykę badań zastosowano w pracy [4], gdzie badano stal o strukturze martenzytycznej. Wykazano, że ilościowe opisanie budowy przełomów może być miarą kruchości wszędzie tam, gdzie udarność i plastyczność jest bardzo mała, jak to ma miejsce w przypadku stali martenzytycznej.

Kowalew [5] do oceny odporności na kruche pękanie stali 35G2 i 40H2N3F1 zastosował mikroskop skaningowy. Określał on udział w przełomie składowych: ciągliwej i kruchej metodą planimetrowania na mikrofotografiach lub bezpośrednio na ekranie telewizyjnym.
Wykazał ponadto, że temperatura przejściowa kruchości określona tą metodą nie zależy od przekroju próbek.

2. MATERIAŁ DO BADAŃ

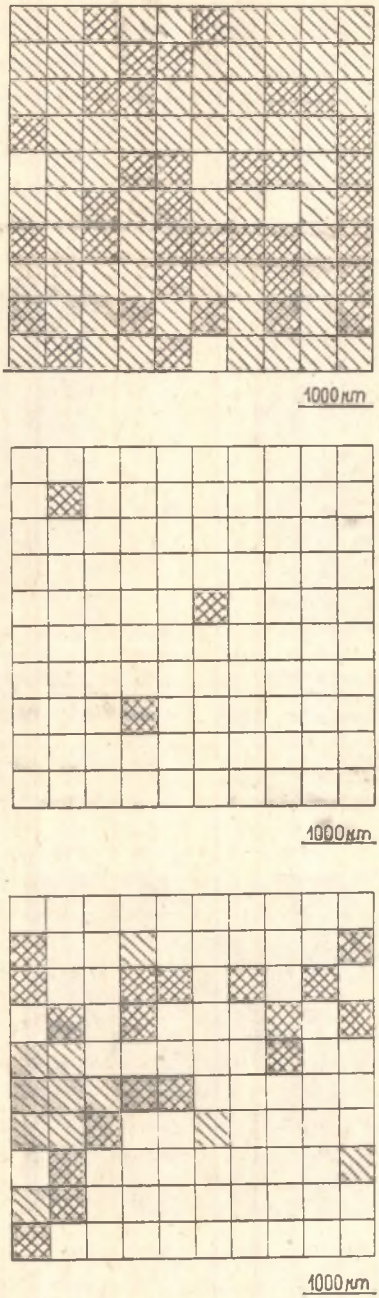
Badania przeprowadzono na przełomach, uzyskanych w próbie udarności prowadzonej w trzech różnych temperaturach, stali austenitycznej Cr-Mn w gatunku 50H17G17 w stanie:

- walcowanym (A),
- przesycanym (1423/1800s)woda (B),
- przesycanym 1423 K (1800s/woda i starzonym 923/28 800s/powietrze (C).

3. METODYKA I WYNIKI BADAŃ

Próbki do badań udarności z karbem w kształcie litery V łamano na młocie udarnościowym typu Charpy w trzech różnych temperaturach 77,193 i 293K, mierząc energię potrzebną do złamania próbki.

Po przeprowadzeniu próby próbki przenoszono do acetonu, następnie przemywano spirytusem i suszono w strumieniu powietrza.



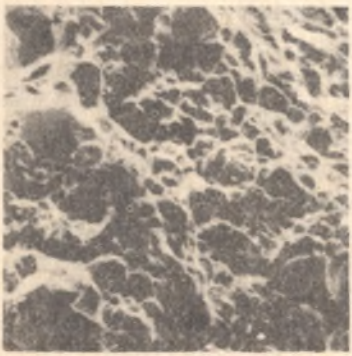
Rys. 1. Karty budowy przełomów

a - stali po przesycaniu, temp. bad. 293 K, b - stali po utwardzaniu dyspersyjnym, temp. bad. 293 K, c - stali po walcowniu, temp. bad. 293 K

Oznaczenia: ▭ - przełom ciągliwy, ▩ - przełom mieszany, ▧ - przełom łupliwy

Strukturę powierzchni przełomów obserwowano na mikroskopie skaningowym JSM-S1, o minimalnej zdolności rozdzielczej 25 . 10^{-9} m, przy powiększaniach 300 i 1000 x. Prześledzono zmiany w budowie przełomów badanej stali w zależności od warunków obróbki cieplnej i temperatury badania.

Dla każdego wariantu przeglądnięto około 500 pól na 5 próbkach, czyli średnio około 100 pól na jednej próbce, co stanowi około 30% całkowitej powierzchni przełomu (25.10^{-6} m^2). W oparciu o uzyskane obrazy dla każdego wariantu sporządzono tzw. kartę budowy przełomu (rys. 1a-c).



Rys. 2. Przykład klatki z przełomem ciągliwym. Struktura przełomu stali 50H17G17 po walcowaniu. Temp. bad. 193 K, pow. 300 x
Widoczny przełom transkrystaliczny ciągliwy z elementami przełomu transkrytalicznego łupliwego

Rys. 3. Przykład klatki z przełomem mieszanym. Struktura przełomu stali po przesycaniu. Temp. bad. 193 K, pow. 300 x
Widoczne przełomy: transkrystaliczny ciągliwy i łupliwy

Rys. 4. Przykład klatki z przełomem kruchym. Struktura przełomu stali 50H17G17 po utwardzeniu dyspersyjnym. Temp. bad. 77 K, pow. 300 x
Widoczny typowy przełom międzykrystaliczny kruchy

Na karcie dla każdej klatki określano wizualnie przeważający typ przełomu (mieszany - jeśli przełom jednego typu zajmuje od 1/3 do 2/3 płaszczyzny klatki). Przykłady klatek z różnymi typami przełomów przedstawiono na rysunkach 2÷4.

Na podstawie liczby klatek z przełomem ciągliwym - Ic, kruchym - I_k i mieszanym - M określa się udział przełomu ciągliwego w strukturze przełomów - p_c:

$$p_c = \frac{I_c + 0,5 \cdot M}{N},$$

N - całkowita liczba klatek: $N = I_c + I_k + M$.
Wielkość "p_c" posiada rozrzut z dyspersją:

$$s^2_{p_c} = \frac{p_c (1-p_c)}{N}.$$

Wyniki pomiarów przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Wpływ temperatury badania na udarność i charakter przełomu stali 50H17G17

stan obróbki / wielkość	Po walcowaniu			Po przesycaniu			Po starzeniu		
	77 K	193 K	293 K	77K	193 K	293 K	77 K	193 K	293 K
K (daJ/cm^2)	1,10	2,07	5,5	0,98	6,58	28,7	0,64	1,47	6,5
p_c (%)	85,4	92,0	98,5	3,0	19,2	73,2	0,5	3,0	21,7
p_k (%)	14,6	8,0	1,5	97,0	80,8	26,9	95,5	97,0	78,0

4. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Przy obserwacji przełomów stali austenitycznej Cr-Mn, w zależności od stanu i temperatury badania ujawniono trzy podstawowe typy przełomów.

Pierwszy typ - przełom transkrystaliczny ciągliwy (rys. 2). Taki typ przełomu obserwowano przede wszystkim dla stanu (B) w temp. 193 i 293 K; stanu (C) w temp. 293 K i dla stanu (A) we wszystkich trzech temperaturach.

Drugi typ - przełom transkrystaliczny łupliwy (rys. 3). Taki typ przełomu obserwuje się dla stanu (B) w temp. 193 i 293 K; dla stanu C w temp. 293 K i dla stanu (A) w temp. 77 i 193 K.

Trzeci typ - przełom międzykrystaliczny kruchy (rys. 4) dominował po badaniach stali w stanie (B) w temp. 77 K i stali w stanie (C) w temp. 77 i 193 K. Nie ujawniono go natomiast w strukturze przełomu próbek po wal-

cowaniu w całym zakresie temperatur badania. Przełom ten jest typowy dla niskich temperatur badania i towarzyszą mu bardzo niskie wartości udarności.

Przełom próbek badanej stali w różnych temperaturach z reguły jest przełomem mieszanym, a ilość poszczególnych składowych przełomu zmienia się wraz ze zmianą temperatury badania. Udziału przełomów kruchych (transkrystalicznego łupliwego i międzykrystalicznego) każdego z osobna nie udało się określić.

Zaobserwowano tylko, że z obniżaniem temperatury decydującą rolę w składowej kruchej przełomu zaczyna odgrywać przełom międzykrystaliczny, który w temperaturze 77 K dominuje. Ogólnie można stwierdzić dla wszystkich stanów obróbki, że obniżenie temperatury badania powoduje spadek udarności i udziału składowej ciągliwej przełomu na korzyść przełomów typu kruchego (tabl. 1).

Z karty budowy przełomu oprócz ilościowej oceny udziału danego typu przełomu w strukturze przełomu można ponadto określać jednorodność przełomu i średnie rozmiary powierzchni z przełomem danego typu.

Z rysunkach 2-4 wynika, że przełomy stali w stanie (A) i (C) charakteryzują się stosunkowo dużą jednorodnością, w przeciwieństwie do stali w stanie przesyconym, gdzie stwierdzono obecność obszarów o wielkości rzędu $1{,}0 \cdot 10^{-3}$ m, w których dominował przełom kruchy.

5. WNIOSKI

1. Przy obserwacji przełomów badanej stali ujawniono trzy typy przełomów: transkrystaliczny ciągliwy oraz transkrystaliczny łupliwy i międzykrystaliczny kruchy.

2. Wraz z obniżaniem temperatury badania obserwuje się wyraźny spadek udarności i ilości składowej ciągliwej w strukturze przełomów.

3. Opisana metoda oceny ilościowej struktury przełomów jest metodą stosunkowo mało pracochłonną i może znaleźć zastosowanie do oceny temperatury przejścia w stan kruchy wszędzie tam, gdzie nie obserwuje się wyraźnych zmian udarności z temperaturą, jak również w przypadku przekrojów uniemożliwiających wykonanie próbek udarnościowych.

LITERATURA

[1] Maciejny A. - Kruchość metali. Wyd. "Śląsk", Katowice 1973.
[2] Malkiewicz T. - Metaloznawstwo stopów żelaza. PWN, Warszawa - Kraków 1976.
[3] Gulajew A.P. - FM i M, 1973, T. 35, nr 5, ss. 1134 - 1139.
[4] Gulajew A.P., Czułkowa A.N. - MiTOM, 1976, nr 8, ss. 49-54.
[5] Kowalew A.I. - MiTOM, 1976, nr 8, ss. 54 - 56.

ПРИМЕНЕНИЕ СКАНИРУЮЩЕГО ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА
ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ИЗЛОМОВ АУСТЕНИТНОЙ ХРОМОМАРГАНЦЕВОЙ СТАЛИ

Р е з ю м е

В настоящей работе использовали фрактографические исследования на сканирующем электронном микроскопе для количественной оценки строения изломов аустенитной стали 50Х17Г17.

После термической обработки образцы разрушали на корпе при температурах 77, 193, 293 К. Для многих полей зрения различных образцов определяли долю участков вязкого и хрупкого разрушения. В зависимости от температуры испытания наблюдается три основных вида излома: вязкий - транскристаллитный, транскристаллитный хрупкой и межкрысталлитный.

THE APPLICATION OF SEM TO A QUANTITATIVE ANALYSIS
OF THE FRACTURES IN Cr-Mn AUSTENITIC STEEL

S u m m a r y

In this paper a method of quantitative analysis of the fractures in Cr-Mn austenitic steel 50H17G17 was described.

The influence of heat treatment and temperature of impact test on impact strength and characteristics structure of the fractures were investidated. The impact test was made at 77, 193 and 293 K.. Appearance of three different types of fractur: ductile and parting transtrystalline fracture and brittle intercrystalline one had been shown in speciments after impact tists.