

Jan GŁOWNIA

Instytut Odlewnictwa
MPMC i R - Kraków

BADANIA FRAKTOGRAFICZNE KRUCHEGO PRZEŁOMU W LANYCH WALCACH

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań fraktograficznych najczęściej spotykanych złomów powstałych w eksploatowanych walcach.

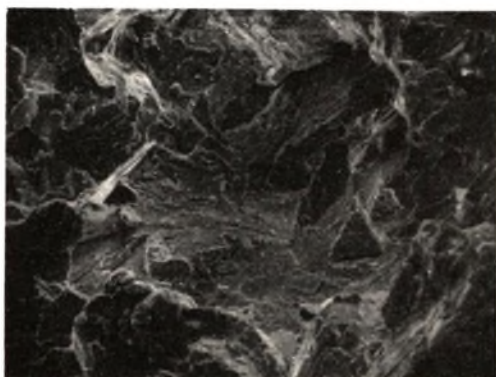
Podstawowy podział materiałów obejmuje zazwyczaj przypisanie ich albo do ciał plastycznych, albo do kruchych. Większość jednak metali i stopów technicznych wykazuje w odpowiednich warunkach stan półkruchy. Na warunki te wpływają: stopień czystości, struktura materiału, jego temperatura, stan naprężeń, prędkość odkształcenia. Materiały półkruche mogą zachowywać się jako ciała kruche bądź plastyczne, zależnie także od orientacji krystalograficznej względem kierunków działania naprężeń. W metalach stan taki powstaje podczas obniżania temperatury i związanym z tym zwiększeniem granicy plastyczności oraz prędkości odkształcenia. Właśnie odkształcanie plastyczne jest bezpośrednim czynnikiem związanym z procesem pęknięcia [1]. Mechanizm pęknięcia oparty jest na rozprzestrzenianiu się mikroszczelin a najczęściej na ich wzroście podczas odkształcania plastycznego. Poszczególne modele zarodkowania mikropęknięć zakładają najczęściej spiętrzenie dyslokacji na granicach ziarn. Ich wadą jest brak możliwości wytłumaczenia zjawiska kruchego pęknięcia w monokryształach.

Inny ze znanych modeli powstawania mikropęknięć, mianowicie mechanizm Cottrell'a tłumaczy powstawanie mikropęknięć, w metalach o sieci regularnej przestrzennie centrycznej, na przecięciu dwóch czynnych płaszczyzn poślizgu $\{110\}$. Podane przez Cottrell'a wzory oznaczają, że wartość granicy plastyczności w określonej temperaturze i przy odpowiedniej prędkości odkształcania prowadzi do pęknięcia, niezależnie od stanu naprężeń. Dodatkowo stan taki prowadzi do pęknięcia tylko w obrębie jednego ziarna, a zatem nie prowadzi do powstania złomu. Uwagi te ujęte zostały w równaniu Cottrell'a-Petch'a na wartość naprężenia koniecznego do wywołania kruchego pęknięcia. W przeciwieństwie do materiałów o niewielkiej wytrzymałości, materiały o dużej wytrzymałości charakteryzuje mała ciągliwość nawet wtedy, gdy wykazują one plastyczny sposób pęknięcia. Równocześnie odporność na pęknięcie tych ostatnich wyraźnie się obniża wraz ze wzrostem ich wytrzymałości. Zmniejszenie odporności na pęknięcie zwią-

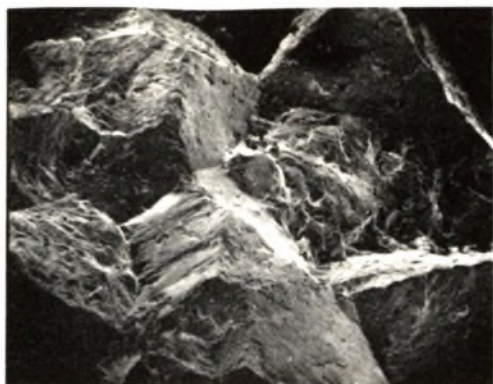
zane jest ze zmniejszeniem pracy zużytej na odkształcenie plastyczne w miejscach istniejących wad. Bardzo często zerwanie wiązań następuje między osnową a wydzieleniem drugiej fazy prowadząc do momentu krytycznego w procesie pęknięcia. Bardzo często pęknięcie zarodkuje właśnie na wierzchołku pasma poślizgu, w momencie gdy osiągnie ono odpowiednią wartość na granicy ziarna lub wydzieleniu drugiej fazy. Przytoczone powyżej mechanizmy pęknięcia można potwierdzić prowadząc badania fraktyograficzne, m.in. metodą skaningową. Metodę tę wybrano do oceny sposobu pęknięcia lanych walców ze staliwa chromowego.

Badania własne

Próbki do badań pobrano z pękniętej powierzchni walców tak, aby nie odkształcić złomów. Po wybraniu odpowiedniego materiału każdą próbkę oczyszczono w płucze ultradźwiękowej, usuwając ewentualne zanieczyszczenia. Następnie prowadzono badania złomów w mikroanalizatorze rentgenowskim z możliwością użycia scanningu. Charakterystyczne złomy walców z badanego materiału przedstawiają rysunki 1 - 12.



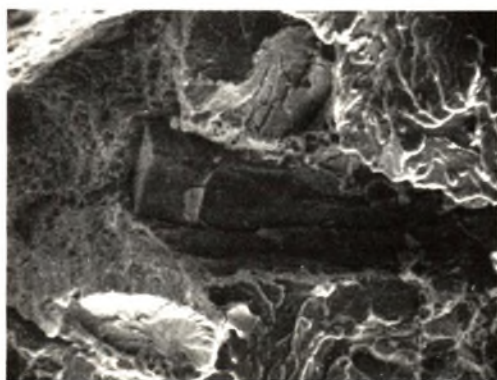
Rys.1. Złom stali I. 100 H2 M w walcu prawidłowym
Zdjęcie skaningowe, pow. 500x



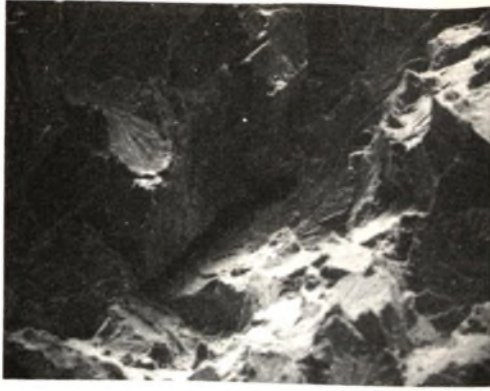
Rys.2. Przełom kamienisty walca ze staliwa L 155 HNM, zdjęcie skaningowe, pow.50x



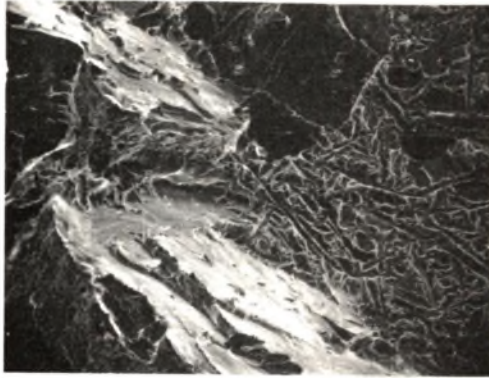
Rys.3. Przełom kamienisty walca ze staliwa L 155 HNM, zdjęcie skaningowe, pow.502, widoczne miejsca złomu międzykrystalicznego



Rys.4. Wada zwana "rybią łuską" w odlewie walca ze staliwa L 155 HNM zdjęcie skaningowe, pow.1000x.



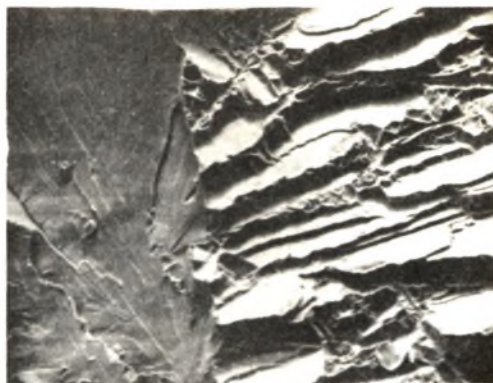
Rys.5. Wada zwana "rybią łuską" w odlewie walca ze staliwa L 100 H2M
zdjęcie skaningowe, pow.500x



Rys.6. Złom walca ze staliwa L 155 HNM, pękniętego po obróbce cieplnej
zdjęcie skaningowe, pow.200x



Rys.7. Złom walca ze staliwa L 155 HNM, pękniętego po obróbce cieplnej
zdjęcie skaningowe, pow.200x



Rys.8. Złom walca ze staliwa L 155 HNM, pękniętego po obróbce cieplnej
zdjęcie skaningowe, pow. 500x



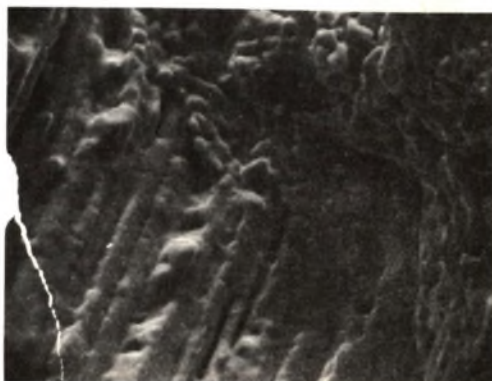
rys.9. Jedno z miejsc powierzchni pęknięcia walca ze staliwa L 100 H2M
zdjęcie skaningowe, pow. 1200x



Rys.10. Powierzchnia pęknięcia próbki z rys.9 przy powiększeniu 4200x



Rys.11. Złom walca ze staliwa L 155 HNM, zdjęcie skaningowe, pow.2600x



Rys.12. Krawędź złomu walca ze staliwa L 155 HNM. Widoczny kierunek wzrostu kryształów, zdjęcie skaningowe, pow. 2000x.

Omówienie wyników

Opierając się na "wyglądzie" powierzchni przelomu walca, który nie pękł /rys.1/, można wyróżnić ze złomów walców pękniętych, trzy charakterystyczne ich grupy.

1. We wszystkich próbkach walców pękniętych stwierdzono występowanie obok złomu transkrystalicznego także złom międzykrystaliczny /rys.3/. Na owalnych powierzchniach takich złomów wydzielają się wtrącenia niemetaliczne w kształcie wieloboków. Świadczy to o ich wykrystalizowaniu z cieczy przed zakrzepnięciem ciekłej osnowy metalicznej. Analiza chemiczna tych wydzielań wykazała, że są to siarczki manganu oraz azotki tytanu [9]. Jedną z przyczyn występowania złomu międzykrystalicznego jest obecność azotu, który w obecności zwłaszcza manganu i węgla, podwyższa przejs-

ciową temperaturę kruchości [1, 7]. Istnieje również pogląd, że ponieważ w stalach od-tlenionych glinem, nie obserwuje się wpływu azotu na temperaturę kruchości, to jego oddziaływanie związane jest z powstaniem roztworów międzywęzłowych oraz utworzeniem atmosfer Cottrell'a [8].

Obok istnienia złomu międzykrystalicznego spotyka się na powierzchni złomu dodatkowe wady. Jedną z nich jest przełom kamienisty /rys. 2 i 3/. Spotykane w literaturze opisy przyczyn występowania przełomu kamienistego dotyczą w przeważającej mierze staliwa chromowomolibdenowego bądź chromowo-niklowego [4-5]. Bardzo często jako przyczyna ich występowania podawana jest obecność azotków glinu na powierzchni takiego złomu.

W zależności od ich wielkości oraz rozłożenia /na granicy ziarn/ ulegają one pęknięciu pod wpływem przyłożonych naprężeń, inicjując powstawanie złomu międzykrystalicznego [5].

Zgodnie z danymi [2-3], podstawowymi warunkami uniknięcia przełomu kamienistego są: uzyskanie węglików typu Me_6C zamiast Me_2C , usunięcie wydzieleni węglików w postaci skupisk oraz nagrzewanie stali do temperatury obróbki cieplnej ze średnią szybkością 5 - 15°C/s.

2. Drugą wadą bardzo często spotykaną na badanych powierzchniach złomów jest tak zwana "rybia łuska" /rys. 4, 5/. Często jest ona opisywana [6] jako jasne okrągłe plamy, zawsze zawierające w środku wtrącenie niemetaliczne bądź puste miejsce. Z występowaniem tej wady wiążą się duże ilości wodoru w metalu. W pewnych jednak warunkach, a mianowicie wspólnego oddziaływania naprężenia i wodoru, wymagane są dodatkowe wyjaśnienia. Na przykład: w stopie żelazo-węgiel, posiadającym niską wytrzymałość i zawierającym pewne ilości wodoru, wzrost częstotliwości pęknięć międzykrystalicznych uzależniony jest od łącznej zawartości węgla i azotu w metalu. Ze wzrostem zawartości węgla i azotu /do 80 ppm/ następuje wyraźny wzrost częstotliwości pęknięć na jednostkę powierzchni. Zgodnie z danymi przedstawionymi w pracy [6] mangan wpływa bardziej ujemnie od węgla, a krzem dodatnio. Obecność na granicy ziarn w stali takich pierwiastków jak: antymon, arsen, cyna i fosfor prowadzi do powstania kruchego przełomu.
3. Jedne z najbardziej charakterystycznych złomów badanych walców, pokazano na rysunkach 6 do 12. Powierzchnie tych złomów cechowały dwa odmienne typy powierzchni: obok miejsc z transkrystalicznym kruchym złomem /rys. 6 do 8/ zaobserwowano jasne, błyszczące powierzchnie /rys. 9 do 12/ o wyraźnie zaokrąglonych konturach. Charakterystycznym jest, że złomy tego typu pojawiają się w staliwie o różnym składzie chemicznym. Obserwowane na rysunkach 9 do 11 występy na powierzchni złomu umiejscowione są na granicach ziarn. Przeprowadzona analiza ich składu

chemicznego /na mikroanalizatorze rentgenowskim oraz Kevex'e/ nie wykazała różnic w stosunku do osnowy. Spowodowane to jest zbyt niskim stężeniem ewentualnych domieszek /trudnym do analizy przy ich zawartości poniżej 0,1%/ bądź niemożliwością ich określenia w przypadku jeśli to są gazy /wodór/. Postawienie hipotezy, że ich obecność spowodowana jest wydzielaniem się gazów znajduje potwierdzenie w analizie rysunku 12, na którym widoczne są wolne przestrzenie, między kryształami, wzdłuż ich kierunku krystalizacji. Być może, że są to miejsca ujścia gazów wydzielających się w procesie krzepnięcia odlewu.

LITERATURA

1. Maciejny A.: Kruchość metali. Wyd. "Śląsk", Katowice 1973
2. Geller Ju.A.: Instrumentalnyje stali, Metałłurgija, Moskwa 1968.
3. Busałajewa E.N., Lipczin N.N.: Naucznyje trudy Permskiego politechn. Inst. 1966, t. XXVI, s. 45
4. Maciejny A. i inni: Prace Inst. Inż. Mater. Polit. Śląskiej 1974, nr 14, s. 57 - 99
5. Stadura S.: Prace II Ogólnopolskiej Konf. Mikroskopii Elektr. Ciała Stałego, Warszawa 1971, s. 153-157.
6. Vibrans G.: Met. Trans. A. 1977, vol. 8A, nr 8, s. 1318-1320
7. Irwine K.J., Pickering F.B.: J Í S Í vol. 201, 1963, s. 944.
8. Gouzou J.: Problemes Fondamentaux de la deformation et de la rupture de l'acier. Liege 1966 CNRM
9. Głownia J., Janas A.: IV Konf. Mikrosonda, Dresno 1978.

FRACTOGRAPHIC EXAMINATIONS OF BRITTLE FRACTURES IN CAST ROLLS

S u m m a r y

The paper presents results of fractographic investigations of typical fractures occurring in rolling mill rolls.

ФРАКТОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХРУПКОГО ИЗЛОМА В ЛИТЫХ ВАЛКАХ

Р е з ю м е

В статье представлены результаты фразтографических исследований чаще всего встречаемых изломов, возникающих в эксплуатируемых валках.