ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1991

Seria: HUTNICTWO z.36 Nr kol 1063

Alicja BALIN
Tadeusz LAMBER

METODY OCENY ODPORNOŚCI NA PĘKANIE STALI NARZĘDZIOWEJ

Streszczenie. W pracy wykazano, że za podstawowe kryteria oceny odporności na pękanie stali narzędziowej można uznać progowe oraz krytyczne wartości parametrów liniowo-sprężystej mechaniki pękania K_I, K_{II}, K_{III}.
Przykładowo przedstawiono wyniki badań progowego współczynnika intensywności naprężeń K_{th} dla stali SW7M w warunkach symulujących pracę wierteł.

Jakość wytwarzanych narzędzi skrawających uzależniona jest od zastosowania odpowiednich materiałów i ich obróbki cieplnej. Warunkiem niezbędnym do realizacji tego zadania jest między innymi opracowanie metod badawczych, umożliwiających ocenę przydatności zastosowanego gatunku materiału i jego obróbki cieplnej dla określonych rodzajów narzędzi skrawających. Przeprowadzenie takiej oceny wymaga ustalenia odpowiednich kryteriów charkteryzujących dany materiał, z uwzględnieniem wpływu parametrów technologicznych na jego własności.

Zagadnienia podniesienia trwałości narzędzi oraz obniżenia kosztów ich produkcji są przedmiotem licznych prac badawczych, obejmujących w swym zakresie m.in. sterowanie składem chemicznym oraz dobór parametrów obróbki cieplnej w celu uzyskania struktury o lepszych własnościach eksploatacyjnych [1-5]. Metodyka badań nowych gatunków stali opiera się głównie na badaniach strukturalnych oraz badaniach podstawowych własności mechanicznych, takich jak: wytrzymałość na skręcanie R_{ms}, na zginanie R_g, ściskanie R_c, strzałka ugięcia f, kąt skręcenia i twardość [1,2,5,6]. Ostatnio w literaturze omawiane są sposoby określania współczynnika odporności na pękanie K_{Ic} w temperaturze pokojowej [6,7], a także wyniki badania wielkości koniecznych do opisu zmęczenia niskocyklowego dla stali narzędziowych poddanych różnym zabiegom obróbki cieplnej [8].

Stale narzędziowe są przykładem materiałów pracujących w warunkach sprzyjających powstawaniu przeciążeń, wywołujących niejednorodny stan naprężenia w obszarach sprężysto-plastycznych. Przyjęte w takim przypadku za podstawowe parametry do oceny własności użytkowej materiału, własności mechaniczne nie mogą stanowić miary oceny jego trwałości. Potwierdza to fakt, iż na przykład wiertła kręte ulegają częstym pęknięciom zmęczeniowym, o czym świadczą kruche złomy, chociaż w czasie badań materiałów,

z których je wykonano, spełniały wymagania norm. Tak więc, chcąc dokonać oceny trwałości materiału użytego do wyrobu wierteł, należy ją oprzeć na własnościach zmęczeniowych i odporności na pękanie, co jest w pełni uzasadnione warunkami eksploatacynymi. W związku z tym należy przeprowadzić badania materiału, obejmujące swym zakresem badanie małocyklowego zmęczenia oraz odporności materiału na kruche pękanie, zgodnie z prawami liniowo-sprężystej mechaniki pękania przy symulacji warunków eksploatacyjnych.

Przykładowo, sposób obciążenia wierteł wymaga od materiału między innymi dużej odporności na rozprzestrzenianie się pęknięć zmęczeniowych w warunkach działania cyklicznie zmiennych obciążeń skręcających. Przy wierceniu, zwłaszcza trudno skrawalnych materiałów, występują również obciążenia cieplne [13]. W wyniku tego w rzeczywistych wyrobach proces rozwoju pęknięcia ma złożony charakter. Zależnie od rodzaju obciążenia, temperatury i własności materiału dekohezja może zachodzić albo przez rozwarcie (I model rozwoju szczeliny w liniowo-sprężystej mechanice pękania), albo przez poślizg w kierunku prostopadłym do krawędzi szczeliny (II model) lub przez poślizg w kierunku równoległym do krawędzi szczeliny (III model), lub też przez kombinację tych mechanizmów. Obserwacje pękniętych wierteł potwierdzają występowanie wszystkich trzech mechanizmów niszczenia. Ocenę trwałości materiału na wiertła w związku z tym można uzyskać za pomocą współczynników intensywności naprężeń K_I, K_{II}, albo K_{III}. Współczynniki te są wrażliwe na skład chemiczny, strukturę, parametry obróbki cieplnej i przeróbki plastycznej oraz inne czynniki wpływające na trwałość.

Pękanie wierteł w płaszczyźnie nachylonej do osi pod kątem 45°, a więc w płaszczyźnie prostopadłej do głównego naprężenia normalnego występuje m.in. gdy temperatura w chwili styku wiertła z materiałem jest nieznacznie wyższa od pokojowej. Fakt ten uzasadnia stwierdzenie, że o trwałości decyduje w tym przypadku wartość K_{Ic}. Pękanie wierteł w płaszczyźnie prostopadłej do osi występuje w czasie jego pracy, przy podwyższonych temperaturach, zależnych od parametrów eksploatacyjnych [10].
Ponieważ metodyka badań powinna być uzależniona od warunków eksploatacyjnych narzędzi skrawających, cechy służące do określenia trwałości wiertła należy badać przede wszystkim w temperaturach podwyższonych.

Pęknięcia w wiertle, jak w każdym innym elemencie, mogą się rozwijać po przekroczeniu pewnej tzw. progowej wartości odporności na pękanie K_{th}. Przewidywanie zachowania się materiału w czasie eksploatacji już w fazie projektowania wymaga więc znajomości progowych współczynników intensywności naprężeń, wyznaczonych w zależności od warunków obciążenia wiertła i temperatury jego pracy.

Celem określenia odporności na pękanie stali narzędziowej przeznaczonej do produkcji wierteł, opracowano [12] metodykę badania progowego współczynnika intensywności naprężeń K_{th} w warunkach cyklicznego skręcania, w podwyższonych temperaturach.

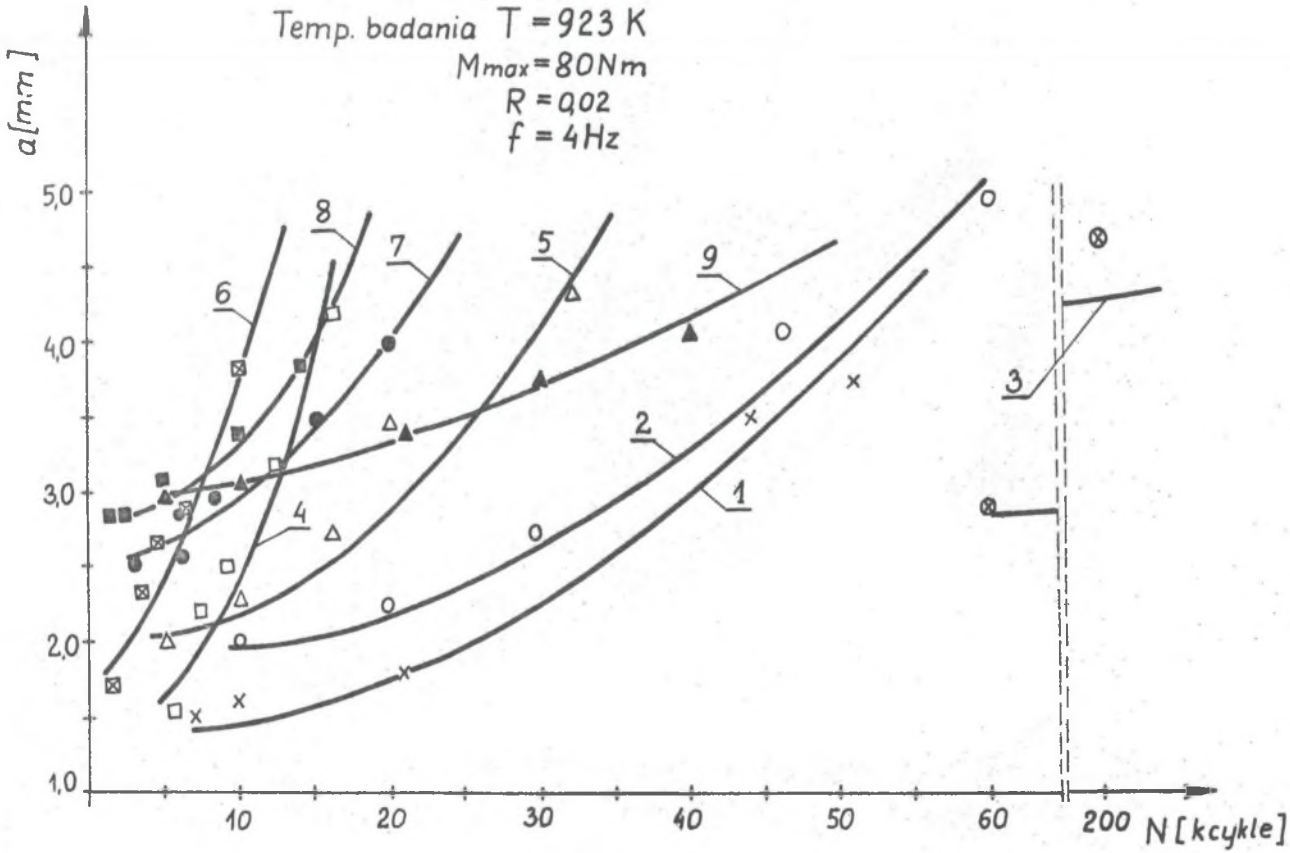
Tablica 1

Rodzaje zabiegów cieplnych stali SW7M oraz wartości K_{th} w temperaturze 923 K [12,13]

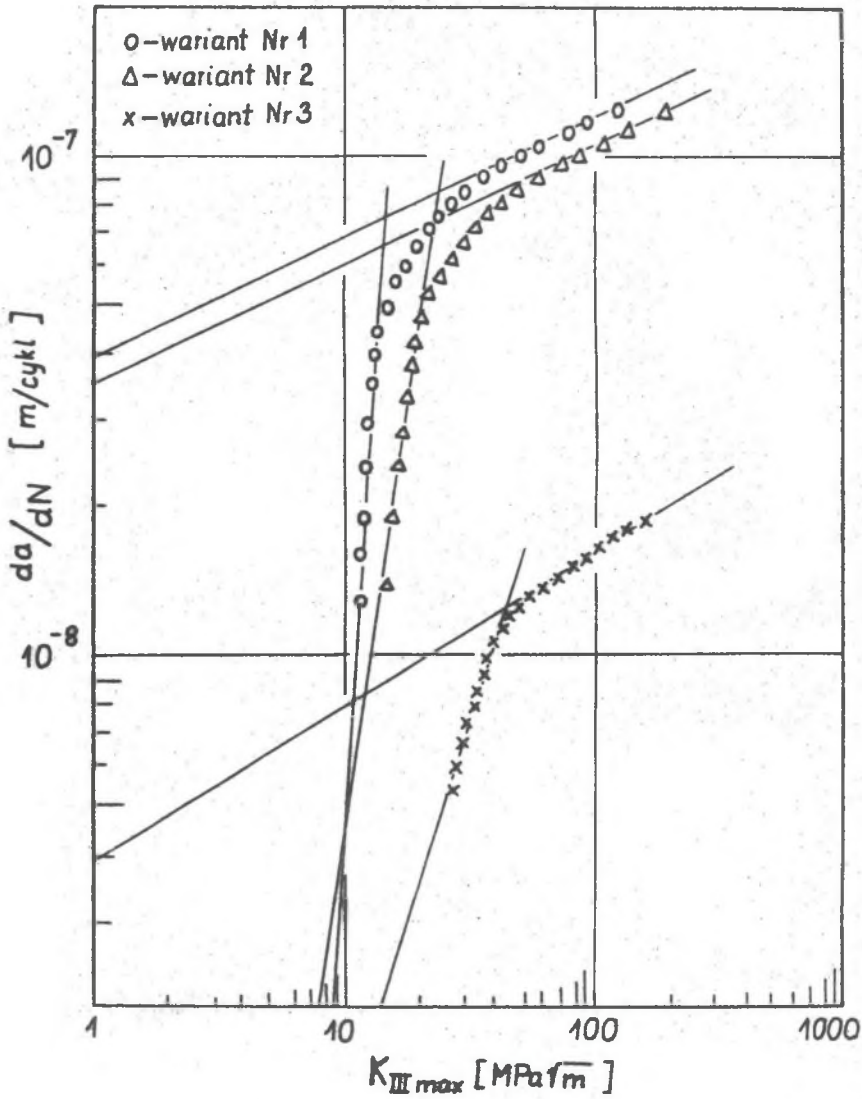
Lp.	Temperatura austenit. [K]	Czas austenit. [min]	K_{th} MPa$\sqrt{m}$
1.	1513	4,0	7,99
2.	1503	2,6	6,22
3.	1503	5,4	8,57
4.	1483	2,0	1,97
5.	1483	4,0	4,66
6.	1483	6,0	0,49
7.	1463	2,6	4,44
8.	1463	5,4	3,77
9.	1453	4,0	7,13

Odpuszczanie 3-krotne w temp. 833 K/ 2h

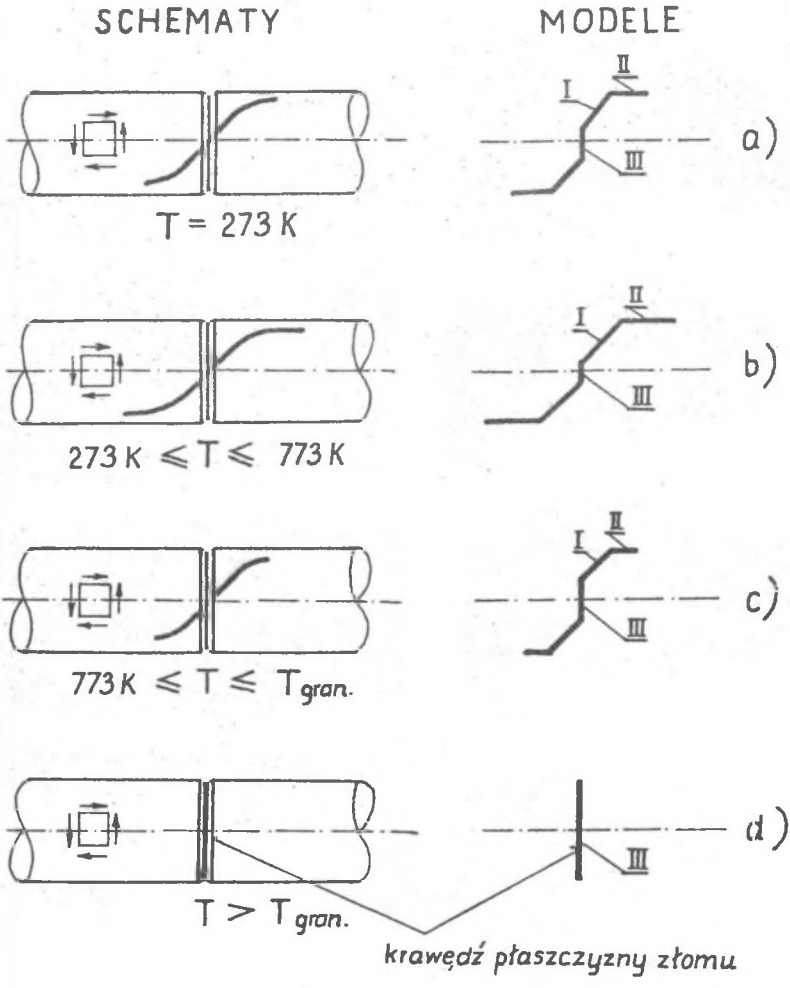
Przedmiotem badań były próbki walcowe z karbem pierścieniowym, które wykonano ze stali SW7M po różnych rodzajach obróbki cieplnej (tabl.1). Badania prowadzono przy wykorzystaniu siłownika skrętnego, wchodzącego w skład wyposażenia systemu MTS. Do nagrzewania indukcyjnego próbek wykorzystano generator wysokiej częstotliwości firmy LEPEL. Celem określenia charakterystyki propagacji pęknięć, próbki obciążano momentem skręcającym o przebiegu sinusoidalnym. Badania prędkości propagacji pęknięcia zmęczeniowego przeprowadzono przy wykorzystaniu metody polegającej na budowaniu krzywych wzrostu pęknięcia w zależności od liczby cykli a = f(N) [10,12,13] (rys.1). Zależność prędkości pękania da/dN od współczynnika intensywności naprężeń K_{max} opisano równaniem Parisa. Stosując metodę regresji liniowej, wyznaczono współczynniki we wzorze Parisa dla początkowego i stabilnego okresu wzrostu pęknięcia [12]. Przy wyznaczaniu progowego współczynnika intensywności naprężeń K_{th} zastosowano metodę ekstrapolacji do prędkości da/dN = 10^{-9} m/cykl.



Rys. 1 Krzywe wzrostu pęknięcia w zależności od liczby cykli a = f(N) dla 9 wariantów obróbki cieplnej (z tablicy 1) stali SW7M [12]



Rys.2 Przykładowe krzywe prędkości propagacji pęknięcia zmęczeniowego dla stali SW7M (warianty obróbki cieplnej nr 1,2 i 3 z tablicy 1) [12,13]



Rys.3 Schematy i modele procesu rozwoju pęknięć zmęczeniowych przy skręcaniu próbek z karbem ze stali SW7M w zależności od temperatury [12]

Przykładowe krzywe prędkości propagacji pęknięcia zmęczeniowego przedstawiono na rys.2 a wyznaczone wartości K_{th} w tablicy 1.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że zastosowane kryterium liniowo-sprężystej mechaniki pękania K_{th} do oceny trwałości stali SW7M w warunkach eksploatacji jest wrażliwe na każdą zmianę wartości parametrów obróbki cieplnej [9,11-13] . Natomiast własności mechaniczne (wytrzymałość na statyczne zginanie, skręcanie, rozciąganie, ściskanie, udarność i twardość) nie mogą stanowić wystarczającego kryterium oceny jakości, a w szczególności trwałości stali narzędziowej, gdyż nie uwzględniają

kinetyki procesu dekohezji [12].

Na podstawie obserwacji przebiegu kierunku płaszczyzny złomów zmęczeniowych próbek skręcanych w temperaturze pokojowej i podwyższonych stwierdzono trzy stadia powstawania złomu [12,14]. Każdemu z tych stadiów odpowiada inny mechanizm dekohezjii, określony jednym z trzech modeli rozwoju pęknięć, stosowanymi w liniowo-sprężystej mechanice pękania. Zależnie od temperatury badania decydujący w procesie zniszczenia próbek ze stali SW7M cyklicznie skręcanych jest mechanizm odpowiadający przemiennie wszystkim trzem modelom niszczenia w temperaturze badania niższej od temperatury "granicznej" (rys.3 a,b,c,) lub III modelowi niszczenia dla temperatury $T > T_{gran.}$ (rys.3 d). Za podstawowe kryteria oceny odporności na pękanie stali narzędziowej należy więc uznać progowe oraz krytyczne wartości odpowiednich współczynników intensywności naprężeń (K_I, K_{II}, K_{III}), określone przy obciążeniach i temperaturach odpowiadających warunkom eksploatacyjnym narzędzi wykonanych z badanej stali.

LITERATURA

[1] Geller Yu: Tool Steel, Mir, Moskwa 1978.

[2] Żmichorski E.: Stale narzędziowe i obróbka cieplna narzędzi. WNT, Warszawa 1976.

[3] Koster K.: Oszczędny wybór stali i wskazówki dla optymalizacji trwałości narzędzi skrawających ze stali szybkotnących. Wyd. Thyssen Edestahl Technische Berichte, T 7. Rok 1981, Nr 2, s. 139-150, T-348/81.

[4] Adamczyk J: Kierunki rozwoju stali narzędziowych i polepszenia jakości narzędzi. Wiadomości Hutnicze Nr6/1983, Wydawnictwo NOT "SIGMA" 1983.

[5] Krawiarz J, Pacyna J., Paluszkiewicz T.: Badania wpływu składu chemicznego na strukturę i własności stali szybkotnących. Hutnik Nr 7-8, 1984, s.277-290.

[6] Pacyna J., Mazur A.: Zastosowanie metody liniowo-sprężystej mechaniki pękania i próby statycznego zginania do oceny ciągliwości stali szybkotnących. Mechanik Nr 7, 1982, s.403-408.

[7] Mazur A., Pacyna J.: Ocena ciągliwości stali narzędziowych do pracy na gorąco za pomocą współczynnika intensywności naprężeń K_{Ic}. Hutnik Nr 10, 1977, T 44, s.468-473.

[8] Kocańda A.: Wytrzymałość i niskocyklowa trwałość zmęczeniowa stali narzędziowej w obróbce plastycznej na półgorąco. Praca habilitacyjna, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Mechanika z.97, 1986.

[9] Lamber T., Renowicz D., Balin A.: Einfluss von einigen technologischen Parametern auf Bruchzahigkeitsschwellenwerte des Schnellarbeitsstahlsa vom Typ SW7 MoV. Materiały Konferencyjne VII Symposjum "Verformung und Bruch", Tech II, 3-5 September 1985, Magdeburg s.84.

[10] Balin A., Lamber T., Renowicz D.: Metodyka określania parametrów mechaniki pękania w temperaturze pokojowej i podwyższonej dla stali szybkotnącej w gatunku SW7M. Materiały III Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej "Materiały Narzędziowe", Rydzyna 1986, s. 81-86.

[11] Balin A., Lamber T., Renowicz D.: Wpływ parametrów obróbki cieplnej na prędkość zmęczeniowego pękania według III modelu w podwyższonej temperaturze dla stali SW7M. Materiały Konferencyjne XII Seminarium Zespołu Zmęczenia i Mechaniki Pękania Materiałów i Konstrukcji, PAN, Jabłonna 1987, s.11.

[12] Balin A.: Zależność progowych i krytycznych wartości odporności na pękanie stali SW7M w podwyższonej temperaturze od parametrów obróbki cieplnej. Praca doktorska, Biblioteka Główna Politechniki Śląskiej, Gliwice 1987.

[13] Balin A., Lamber T., Renowicz D.: Progowy współczynnik intensywności naprężenia według III modelu niszczenia dla stali szybkotnącej SW7M w podwyższonej temperaturze. Inżynieria Materiałowa Nr1, 1988.

[14] Lamber T., Balin A., Renowicz D.: Decohesion of SW7Mo-V high speed steel depending on heat treatment and temperature of investigation. Materiały Konferencyjne VIII Symposjum "Verformung und Bruch", 6-7 September 1988, Magdeburg.

EVOLUTION METHODS FOR RESISTANCE ON CRACKING IN TOOL STEEL

Summary

The basic of criteria of evaluating fracture resistance for tool steel have been discussed in this paper. These criteria are the threshold and critical values of parameters of linear-elastic machanics fracture K_I, K_{II}, K_{II}.

As an example, the results of testing threshold coefficient of K_{th} stress intensity for SW7M steel in conditions simulating work of a drill have been presented.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗРУШЕНИЮ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ

Резюме

В работе авторы доказали, что за основные критерия оценки сопротивления разрушению инструментальной стали можно признать пороговые и критические параметры линейно-упругой механики разрушения K_I, K_{II}, K_{III}.

Примерно представлены результаты исследований порогового коэффициента интенсивности напряжения K_{th} для стали SW7M в условиях симуляции работы сверла.