

Alicja Balin, Tadeusz Lamber, Donat Renowicz

Instytut Inżynierii Materiałowej
Politechnika Śląska w Katowicach

ZASTOSOWANIE KRYTERIUM III MODELU LINIOWO-SPRĘŻYSTEJ MECHANIKI PĘKANIA DO OCENY TRWAŁOŚCI MATERIAŁU NA WIERTŁA

Streszczenie. W pracy przedstawiono metodę oceny trwałości stali SW7M przeznaczonej na wiertła na podstawie parametrów liniowo-sprężystej mechaniki pęknięcia dla III modelu rozwoju pęknięć.

1. WPROWADZENIE

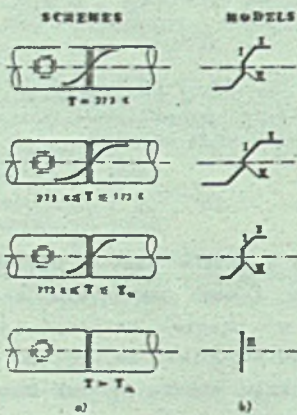
Prognozowanie trwałości narzędzi skrawających związane jest z wieloma czynnikami, a w głównej mierze z trwałością samego materiału oraz znajomością warunków obciążenia narzędzia w czasie eksploatacji. Przykładowo, w przypadku materiału na wiertła i gwintowniki, ze względu na sposób ich obciążenia, wymaga się od tego 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 termiczne [1,2]. W wyniku tego w rzeczywistych wyrobach proces rozwoju pęknięcia może mieć złożony charakter. Zależnie od temperatury i własności materiału dekohezja może w tym przypadku zachodzić albo przez rozwarcie (I model rozwoju szczeliny), albo przez prześlizg w kierunku prostopadłym do krawędzi szczeliny (II model), albo przez prześlizg w kierunku równoległym do krawędzi szczeliny (III model), lub też kombinację tych mechanizmów. Ocena trwałości materiału na wiertła, w związku z tym, można wyrazić współczynnikami intensywności napreżeń K_I , K_{II} , K_{III} , przy uwzględnieniu ich progowych wartości.

2. BADANIA DOŚWIADCZALNE

Badania doświadczalne przeprowadzono na próbkach walcowych z karbem pierścieniowym, wykonanym ze stali SW7M i poddanych ulepszeniu cieplnemu.

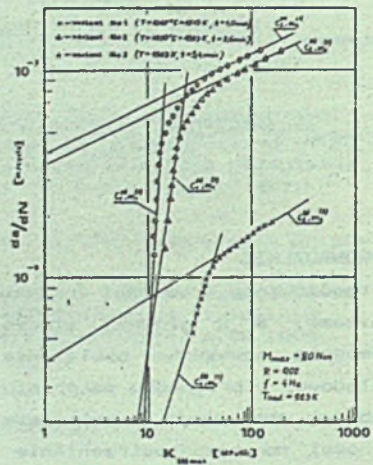
Symulując warunki eksploatacyjne materiału wiertła, próbki poddawano cyklicznemu skręceniu w zakresie temperatur 293 - 1023 K. Badania prowadzono na maszynie systemu MTS, przy wykorzystaniu siłownika skrętnego. Do realizowania badań w temperaturach podwyższonych wykorzystano generator wysokiej częstotliwości firmy LEPEL oraz wzbudnik do nagrzewania indukcyjnego próbek.

Observacje złomów zmęczeniowych próbek cyklicznie skręcanych w temperaturze pokojowej i podwyższonych umożliwiają wyróżnienie trzech kierunków (stadiów) rozprzestrzenienia się pęknięcia w sensie makro, w zależności od temperatury, w której przeprowadzono badanie, co przedstawiono na rysunku 1a. Wynika stąd, że proces powstawania złomów w



Rys. 1. Schematy i modele procesu rozwoju pęknięć zmęczeniowych przy skręceniu próbek z karbom w zależności od temperatury

Fig. 1. Schematics and models of fatigue cracks growth depending on the temperature range



Rys. 2. Przykładowe wykresy prędkości propagacji pęknięcia zmęczeniowego dla stali SW7M

Fig. 2. The diagrams of the fatigue crack growth rate of SW7M steel

zależności od temperatury badania można ująć w postaci modeli, które przedstawiono na rys. 1b [2]. Każdemu ze stadiów powstawania złomu odpowiada inny mechanizm dokohezji, określony jednym z trzech modeli rozwoju pęknięć stosowanych w liniowo-sprężystej mechanice pęknięcia. W temperaturze wyższej od wyznaczonej doświadczalnie dla stali SW7M temperatury granicznej ($T_{gran.} = 923K$) [2] decydującym w procesie niszczenia jest mechanizm odpowiadający III modelowi pęknięcia. Fakt, że w czasie eksploatacji narzędzia ostrze skrawające może nagrzewać się aż do temperatury 1173 K [3] uzasadnia prognozowanie trwałości materiału na

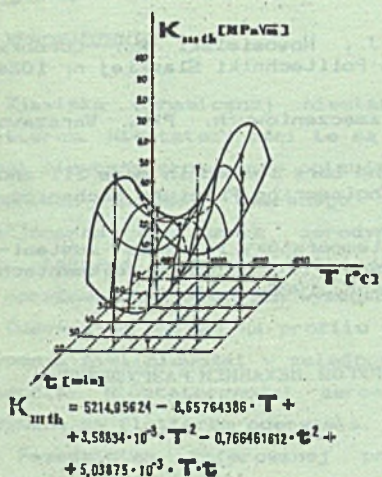
wiercia zgodnie z parametrami charakteryzującymi III model procesu pęknięcia.

W ocenie trwałości zasadniczą rolę odgrywa prędkość propagacji pęknięć zależna od współczynnika intensywności naprężeń. Przykładowe wykresy zależności da/dN od $K_{III\max}$ dla stali SW7M w temperaturze 923 K przedstawiono na rys.2 [2]. Warunkiem wzrostu istniejących w każdym materiale mikroszczelin, w określonym stanie naprężenia przy obciążeniach zmiennych, jest przekroczenie tzw. wartości progowej tego współczynnika. W celu uwzględnienia progowego współczynnika intensywności naprężeń w przypadku III modelu pęknięcia przedstawiono powszechnie stosowany w mechanice pęknięcia wzór Parisa w postaci [2,5]:

$$\frac{da}{dN} = C_2^{(i)} \left[K_{III\max}^{m_2(i)} - K_{IIIth}^{m_2(i)} (C_1^{(i)}, m_1^{(i)}) \right] \quad (1)$$

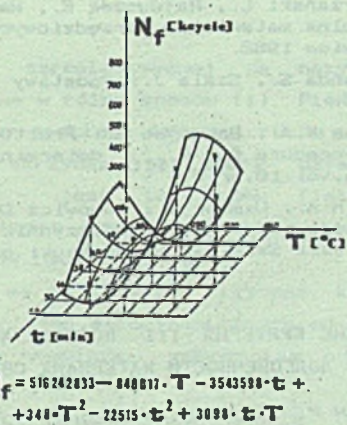
gdzie: C_1, C_2, m_1, m_2 - stałe wyznaczone doświadczalnie (rys.2),
 i - numer wariantu obróbki cieplnej ($i=1, \dots, 9$).

Współczynnik intensywności naprężenia $K_{III\max}$ obliczano ze wzoru Tada [5].



Rys. 3. Zależność progowego współczynnika intensywności naprężeń K_{IIIth} od parametrów austenitizacji dla stali SW7M

Fig. 3. Dependence of the threshold stress intensity K_{IIIth} on the parameters of austenitizing for SW7M steel



Rys. 4. Zależność liczby cykli do zniszczenia N_f w temp. 923 K od parametrów austenitizacji dla stali SW7M

Fig. 4. Dependence of the fatigue cycles N_f at temp. 923 K on the parameters of austenitizing for SW7M steel

Wartości progowe współczynników intensywności naprężeń wyznaczono metoda ekstrapolacji na podstawie wykresów zależności da/dN od $K_{III\max}$ (rys.2), przyjmując jako wartości $K_{III\text{th}}$ te wartości $K_{III\max}$, które odpowiadają prędkości pęknięcia $da/dN = 10^{-9}$ m/cykl.

Uzyskane wyniki badań trwałości dla przyjętych 9 wariantów obróbki cieplnej stali SW7M przedstawiono na wykresach przestrzennych (rys.3 i 4) [6].

Przebiegi zależności $K_{III\text{th}}$ od parametrów obróbki cieplnej oraz liczby cykli do zniszczenia N_f określonej doświadczalnie w funkcji tych samych parametrów są w sensie jakościowym zbieżne.

LITERATURA

- [1] Koster K.: Oszczędny wybór stali i wskazówki dla optymalizacji trwałości narzędzi skrawających ze stali szybko tnących. Wyd. Thyssen Edelstahl Technische Berichte, 1981, t. 7, nr 2, T-348/81.
- [2] Balin A.: Zależność progowych i krytycznych wartości odporności na pęknięcie stali SW7M w podwyższonej temperaturze od parametrów obróbki cieplnej. Praca doktorska, Biblioteka Główna Politechniki Śląskiej, Gliwice 1987.
- [3] Dobrzański L., Hajduczek E., Marciniak J., Nowosielski R.: Obróbka cieplna materiałów narzędziowych. Skrypt Politechniki Śląskiej nr 1024, Gliwice 1982.
- [4] Kocańda S., Szala J.: Podstawy obliczeń zmęczenia, PWN, Warszawa 1985.
- [5] Gupta K.A., Banerjee S.: Fracture of round bars loaded in mode III and a procedure for $K_{III\text{C}}$ determination. Engineering Fracture Mechanics, 1984, vol.19, nr 5.
- [6] Balin A., Lamber T., Renowicz D.: Wpływ temperatury i czasu austenitizacji na progowy współczynnik intensywności naprężeń w elementach ze stali SW7M. Archiwum Nauki o Materiałach, 1989, t.10, z.4.

ПРИМЕНЕНИЕ КРИТЕРИЯ III МОДЕЛИ ЛИНЕЙНО-УПРУГОЙ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ К ОЦЕНКЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МАТЕРИАЛА СВЕРЛА

Резюме

В работе представлено метод оценки долговечности быстрорежущей стали SW7M предназначенной на сверла. В методе использовано параметры линейно-упругой механики разрушения для III модели развития трещин.

APPLICATION OF THE III MODEL LINEAR-ELASTIC FRACTURE MECHANIC CRITERIUM FOR THE ESTIMATION OF DURABILITY THE MATERIAL FOR DRILLS

Summary

The durability of SW7M steel utilized for drills production have been determined in this paper. For this purpose the linear-elastic fracture mechanic parameters for the III model of cracking have been used.