

AKTYWNOŚĆ EMISJI AKUSTYCZNEJ PODCZAS MECHANICZNIE WYMUSZONEGO PĘKANIA DREWNA W POPRZEK WŁÓKIEN*

Waldemar Moliński i Jan Raczkowski

Katedra Nauki o Drewnie
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

Celem pracy było bliższe poznanie związków pomiędzy aktywnością emisji akustycznej (EA) a procesem pękania drewna w poprzek włókien. Badania aktywności EA przeprowadzono podczas zginania próbek drewna sosny i buka przy wymuszeniu pękania w promieniowej i stycznej płaszczyźnie. Doświadczenia zrealizowano na próbkach z naciętym karbem.

Słowa kluczowe: emisja akustyczna, zginanie, pękanie drewna, współczynnik intensywności naprężeń

WSTĘP

Postępująca degradacja środowiska leśnego spowodowana zwiększającym się stężeniem zanieczyszczeń w atmosferze i dbałość o ekologiczne (pozaprodukcyjne, społeczne) aspekty lasów oraz zwiększające się zapotrzebowanie na drewno sprawiają, że niedobór drewna w Polsce będzie się powiększał. W warunkach gospodarki rynkowej oznacza to ciągły wzrost ceny tego surowca. Racjonalne decyzje podmiotów gospodarczych muszą zmierzać do obniżania kosztów produkcji. Znaczącą zaś pozycję kosztów produkcji w przemyśle drzewnym stanowi proces suszenia drewna i to nie tylko ze względów na dużą energochłonność tego procesu, ale również na sku-

* Praca przedstawiona na 11. konf. nauk. Wydziału Technologii Drewna SGGW i Kom. Techn. Drewna PAN w Warszawie, „Drewno - materiał ekologiczny” 18 i 19 listop. 1997

tek nieodwracalnych wad ograniczających bądź nawet eliminujących wykorzystanie materiału z wadami suszenia. Główną przyczyną strat materiałowych powstałych w trakcie procesu suszenia drewna jest jego spękanie. Jak podaje Noguchi (1991) zdarza się, że cały wsad cennego drewna na skutek drobnej pomyłki w ustalaniu warunków sztucznego suszenia ulega całkowitemu zmarnowaniu. Straty materiałowe powstałe na skutek wad suszenia osiągać mogą ok. 10% objętości suszonego drewna (np. Garahan i Cane 1989; Lamb i Wengert 1989). W warunkach polskich zmniejszenie tych strat tylko o 1% spowodowałoby zaoszczędzenie w skali rocznej aż 60 tys. m³ drewna (Widłak 1991). Przy przeciętnym zapasie drewna w naszym kraju wynoszącym 160 m³/ha (Fonder 1993) oznacza to zaoszczędzenie aż 375 ha lasów w wieku rębności rocznie. Celowym jest więc nie tylko ze względów ekonomicznych, ale również ze względów czysto społecznych prowadzenie badań zmierzających do ograniczenia strat tego cennego surowca i materiału.

Na początku lat 80-tych w Japonii (Noguchi i in. 1980; 1983) zainicjowano badania nad emisją akustyczną (EA) generowaną w trakcie suszenia drewna. W badaniach tych stwierdzono wzrost aktywności emisji akustycznej w miarę wzrostu intensywności suszenia drewna. Złagodzenie procesu wysychania drewna poprzez wzrost wilgotności względnej powietrza powodowało prawie natychmiastowe zmniejszenie EA. Ustalono także, że pęknięcia desorpcyjne tworzą się wówczas, gdy tempo EA osiągnie określony poziom. Spostrzeżenia te umożliwiły opracowanie systemu wykorzystującego informacje uzyskiwane bezpośrednio z wnętrza suszonego drewna w postaci sygnałów akustycznych do regulacji parametrów medium suszącego w sposób uniemożliwiający spękanie suszonego drewna (Kitayama i in. 1985; Honeycutt i in. 1985). Pomimo, iż w warunkach przemysłowych udało się wysuszyć bez pęknięć deskę drewna keyaki (*Zelkova japonica*) z grupy gatunków pierścieniowonaczyniowych (Noguchi i in. 1987) wdrożenie tej metody do sterowania i kontroli procesu suszenia jest jak na razie niemożliwe. Krytyczne bowiem tempo EA, przy którym powstają pęknięcia tkanki drzewnej zależne jest od wielu czynników związanych z rodzajem suszonej tkanki drzewnej, kształtem i wymiarami suszonych elementów, wilgotnością początkową drewna itd. (np. Becker 1982; Bernatowicz 1993; Booker i Doe 1995). Aktualnym problemem do rozwiązania staje się więc ustalenie uniwersalnego związku pomiędzy parametrami EA a stopniem spękania suszonego drewna. Dotychczasowe badania zmierzające do wyselekcjonowania z całego spektrum emitowanych sygnałów EA tylko takich, które jednoznacznie wskazywałyby na zniszczenie drewna (np. Okumura i in. 1989; Sadanari i in. 1989) pozwoliły stwierdzić, że sygnał o wysokiej amplitudzie towarzyszą pęknięcia wykrywalne pod mikroskopem, lub widoczne gołym okiem. Sygnały natomiast o niskiej amplitudzie były zapowiedzią drobnych spękań powierzchniowych. Jednakże duże pęknięcia mogą tworzyć się poprzez łączenie się pęknięć drobnych (mikroskopowych). Regulacja więc procesu suszenia drewna przy wykorzystaniu wartości amplitudy staje się praktycznie niemożliwa.

Biorąc pod uwagę fakt, że zjawisko EA jest efektem lokalnego wyzwalania się wcześniej zakumulowanej w badanym materiale energii sprężystej celowym jest określenie współzależności pomiędzy parametrami EA, charakteryzującymi źródła jej powstawania, a deskryptorami mechanicznymi, determinującymi jego odporność na

zniszczenie. Wielkością fizyczną określającą stan lokalnych naprężeń jest tzw. współczynnik intensywności naprężeń (K_I) (np. Wnuk 1977; Ashby i Jones 1995). Gdy wartość tego współczynnika osiągnie wielkość krytyczną (K_{IC}) następuje gwałtowne rozprzestrzenianie się pęknięcia. Jeżeli rozwój pęknięcia przyczyni się do rozładowania naprężeń na jego krawędzi, to pęknięcie zostaje powstrzymane. Mając powyższe na uwadze w Katedrze Nauki o Drewnie Akademii Rolniczej w Poznaniu podjęto próbę określenia związków pomiędzy intensywnością EA generowaną w próbie zginania próbek z karbem, a współczynnikami intensywności naprężeń (K_I). Uznano bowiem, że ustalenie związku wiążącego mechanikę zniszczenia drewna z mierzalnym efektem procesu jego destrukcji (EA) przyczynić się może do wykorzystania metody EA do sterowania procesem suszenia drewna.

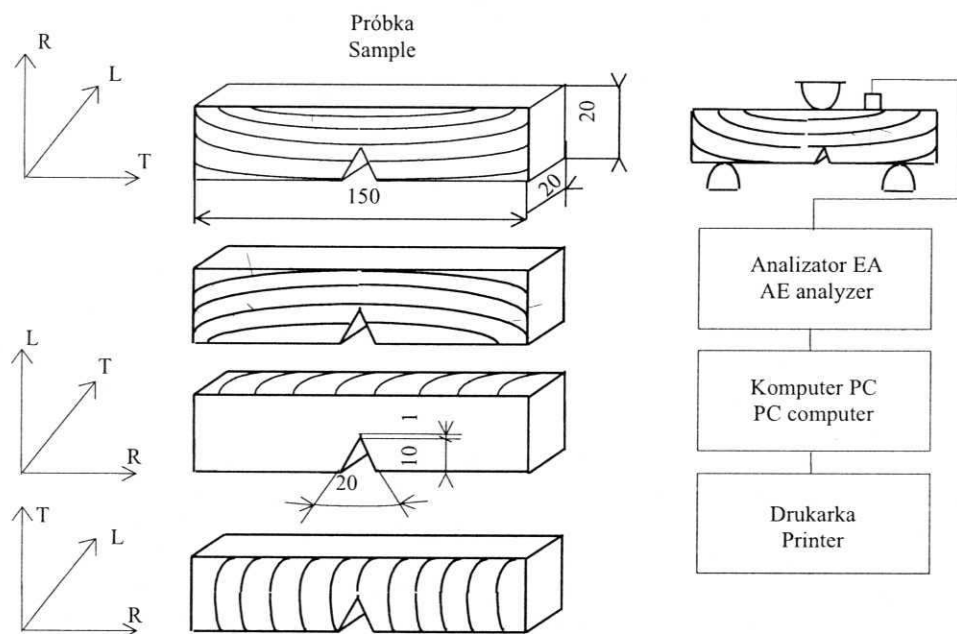
METODYKA

Określenie związku pomiędzy intensywnością EA a współczynnikiem intensywności naprężeń zdecydowano się przeprowadzić na podstawie danych eksperymentalnych uzyskanych podczas trójpunktowego zginania próbek drewna sosny i buka w poprzek włókien. Badania przeprowadzono na próbkach o wymiarach 20x20x150mm. W celu zróżnicowania odporności badanego drewna na pękanie badania przeprowadzono przy wymuszeniu pękania w promieniowej (LR) i stycznej (LT) płaszczyźnie drewna. Takie założenie wymagało przygotowania próbek o zróżnicowanej orientacji przyrostów rocznych. W pierwszej grupie próbek najdłuższy ich wymiar stanowił kierunek styczny. W drugiej zaś grupie, wymiar największy próbki był w kierunku promieniowym. Karb o głębokości 10 mm i kącie rozwarcia 30° usytuowany w płaszczyźnie promieniowej i stycznej wykonywano przy wykorzystaniu specjalnie wyprofilowanego freza na frezarce dolnowrzecionowej. Dla zapewnienia ostrego wierzchołka karbu jego głębokość dodatkowo powiększano o 1 mm poprzez wciśnięcie ostrza noża na maszynie wytrzymałościowej, przy wykorzystaniu odpowiednich podkładek dystansowych. W każdej próbce położenie krawędzi karbu było usytuowane na głębokości 0,55 wysokości próbki. Przyjęte wymiary próbek oraz sposób wywierania naprężeń wymuszały proces pękania drewna w warunkach płaskiego stanu odkształceń zgodnie z I kategorią zniszczenia tj. przy wymuszeniu pęknięcia rozdzielczego na skutek działania naprężeń rozciągających.

Zginanie próbek przeprowadzano na zginarce BPG 50 przy rozstawie podpór wynoszącym 120 mm i przesuwie trawersu z prędkością 0,2 mm/min. Czas trwania jednej próby wynosił ok. 5 min. Do zbierania sygnałów EA zastosowano przetwornik EA o własnej częstotliwości rezonansowej 200 kHz, który mocowano do badanej próbki za pomocą taśmy gumowej zawsze w strefie działania naprężeń ściskających. Jako środka sprzęgającego przetwornik z próbką użyto smaru silikonowego. Pomiar EA przeprowadzono przy użyciu analizatora EA-3 (prod. Techpan Warszawa), przy całkowitym wzmocnieniu toru pomiarowego wynoszącym 90 dB. Poziom dyskryminacji szumów ustalony na 0,5V zapewniał eliminację wszystkich zakłóceń wy-

kających z pracy maszyny wytrzymałościowej. Rejestracji parametrów EA dokonywano przy użyciu komputera typu PC i wykorzystaniu programu EA-20. Wartości siły zginającej z dokładnością do 0,1 N i ugięcia próbki z dokładnością do 0,1 mm, w 10 s odstępach czasowych spisywano z wyświetlacza zginarki. Kształt i wymiary próbek użytych do badań oraz schemat toru pomiarowego EA podczas wywierania naprężeń zginających przedstawia rys. 1.

Badania przeprowadzono na próbkach, których wilgotność wynosiła 10%. Dla ka-



Rys. 1. Kształt i wymiary próbek oraz schemat pomiaru EA w próbie trójpunktowego zginania drewna w poprzek włókien

Fig.1. Shape and dimensions of the samples and AE measuring method diagram in 3-point bending test of wood in across-to-the-grain direction

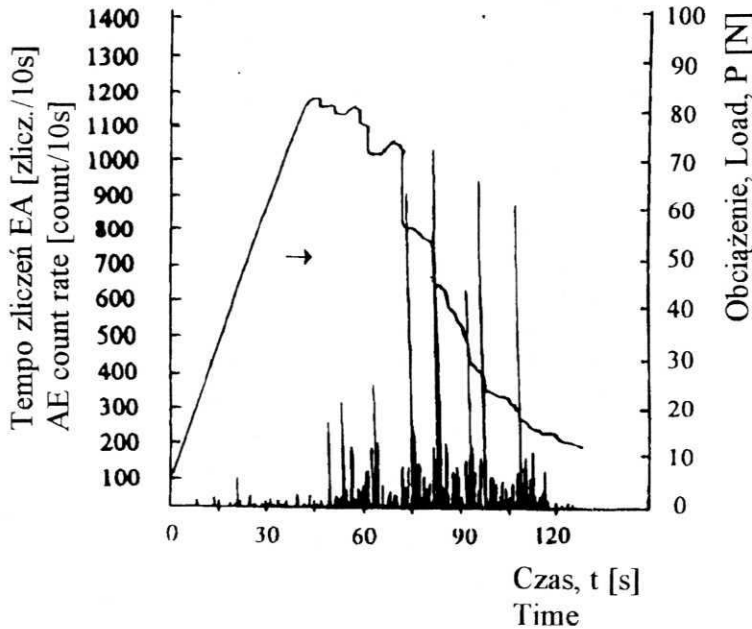
żdej orientacji karbu w obu badanych gatunkach drewna doświadczenia powtarzano na 10 próbkach. Współczynnik intensywności naprężeń obliczano ze wzoru:

$$K_1 = 1,12 \sigma \sqrt{\pi a}$$

w którym: σ - naprężenie zginające [MPa], a - długość pęknięcia [mm]

Krytyczną wartość współczynnika intensywności naprężeń (K_{IC}) obliczono dla maksymalnego naprężenia (σ_{max}) powodującego gwałtowne pękanie obciążonych próbek. Intensywność EA określano w postaci tempa zliczeń w 10 s przedziałach czasowych dla każdej badanej próbki do momentu gdy poziom obciążenia osiągał war-

tość 0,85 - 0,9 obciążenia maksymalnego ($P_{\max}$). Do tego momentu głębokość karbu (długość pęknięcia) praktycznie nie zmieniała się.



Rys. 2. Przykładowy przebieg tempa EA w czasie zginania drewna sosny w poprzek włókien w warunkach wymuszenia promieniowej płaszczyzny pęknięcia

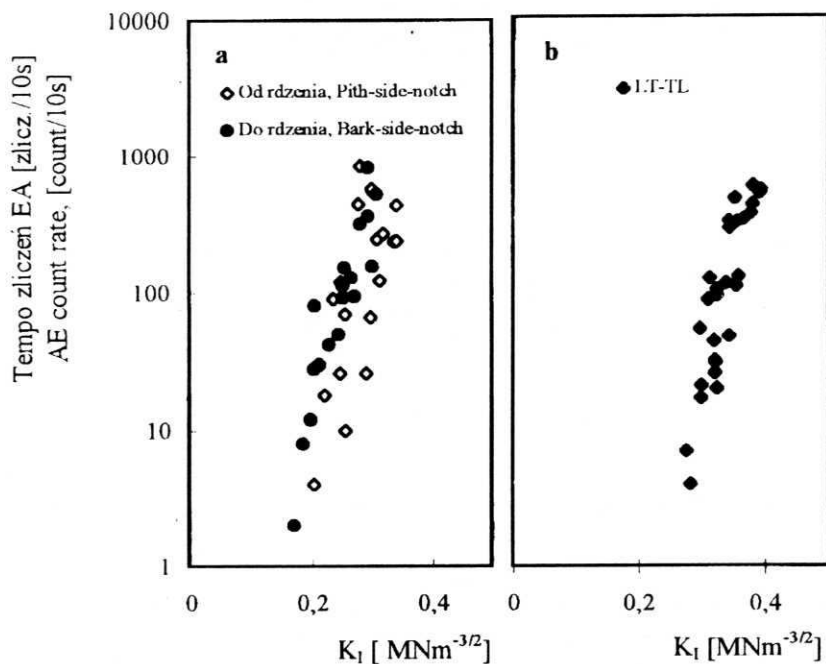
Fig. 2. An example course of AE count rate in across-to-grain bending test for pine wood in condition of fracture forcing in radial plane

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Przykładowy przebieg tempa zliczeń sygnałów EA w trakcie narastania obciążenia zginającego dla przypadku wymuszenia pęknięcia w promieniowej płaszczyźnie drewna sosny zobrazowano na rys. 2. Z rysunku tego wynika, że sygnały EA generowane są już przy bardzo niskim obciążeniu. Świadczyć to może o zainicjowaniu procesu pęknięcia drewna. Narastanie jednakże siły w czasie, przy stałej prędkości deformacji próbki, na taki proces nie wskazuje. Obciążenie bowiem w początkowym okresie próby zginania narasta prostoliniowo praktycznie do maksymalnej jego wartości tj. do momentu pojawienia się wyraźnego pęknięcia próbki. Pojawienie się sygnałów EA przy stosunkowo niskim obciążeniu przypisać można rozwojowi mikropęknięć wzdłuż krawędzi karbu oraz tworzącej się strefie plastycznej przed frontem szczeliny. Tworzenie się

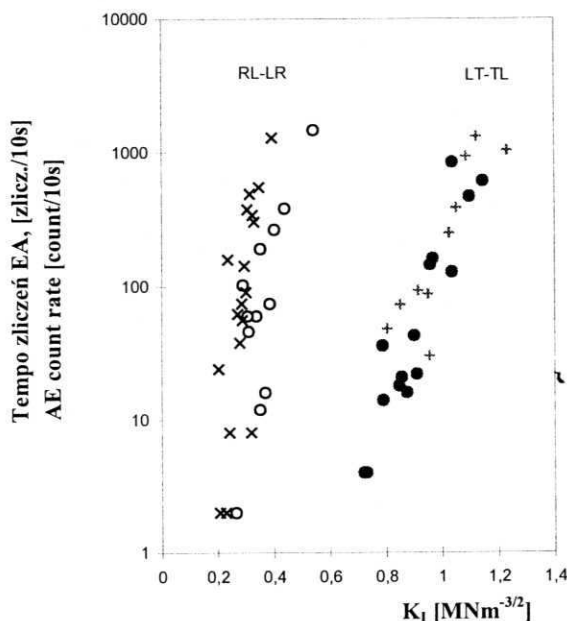
strefy plastycznej przed frontem szczeliny powoduje stępienie wierzchołka karbu i tym samym przyczynia się do zmniejszenia, lub utrzymywania się na stałym poziomie koncentracji naprężeń wzdłuż jego krawędzi, nawet w warunkach wzrostu obciążenia zewnętrznego. Za takim procesem, poprzedzającym rozwój pęknięcia przemawia niemierzalny w tym przypadku wzrost długości pęknięcia. Zjawisko to opisuje zmodyfikowana przez Irwina i Orowana klasyczna teoria pęknięcia ciał quasi-kruchych (np. Wnuk 1977). Dyssypacja energii związana z odkształceniami nieodwracalnymi w warstwie przypowierzchniowej, usytuowanej przed frontem szczeliny, może przewyższać właściwą energię potrzebną do utworzenia nowej powierzchni nawet o kilka rzędów wielkości. Wielkość ta okazuje się dominującym czynnikiem w kształtowaniu odporności materiałów na zniszczenie (Lemaitre 1996). Widoczne na rys. 2 wyraźnie zmieniające się tempo EA w miarę wzrostu długości pęknięcia wzdłuż promienia związane jest z cykliczną niejednorodnością badanego drewna i zróżnicowaną odpornością na zniszczenie stref o zróżnicowanej gęstości.

Związek pomiędzy tempem zliczeń sygnałów EA i współczynnikiem intensywności naprężeń (K_I) dla przypadku wymuszenia pęknięcia w promieniowej i stycznej płaszczyźnie drewna sosny przedstawia rys. 3. Analogiczną relację dla drewna buka zobrazowano na rys. 4. Dla obu badanych gatunków drewna, jak i obu płaszczyzn pę-



Rys. 3. Zależność tempa EA od współczynnika intensywności naprężeń (K_I) w przypadkach wymuszenia pęknięcia drewna sosny w promieniowej (a) i stycznej (b) płaszczyźnie

Fig. 3. Relation between AE count rate and stress intensity factor (K_I) in fracture process forced in radial (a) and tangential (b) plane of pine wood samples



Rys. 4. Zależność tempa EA od współczynnika intensywności naprężeń (K_I) w przypadku wymuszenia pęknięcia drewna buka w promieniowej i stycznej płaszczyźnie

Fig. 4. Relation between AE count rate and stress intensity factor (K_I) in fracture process forced in radial plane of beech wood samples

kania prezentowana zależność w układzie (K_I - $\log N/10s$) jest praktycznie prostoliniowa. Podobny związek pomiędzy logarytmem tempa zliczeń sygnałów EA a współczynnikiem intensywności naprężeń stwierdzono dla ceramiki (Ranachowski i Rejmund 1994). Z danych przedstawionych na tych rysunkach widać ponadto, że sygnały EA generowane są przy niższym współczynniku intensywności naprężeń w wypadku gdy pęknięcie wymuszone zostało w płaszczyźnie promieniowej. Podczas wymuszenia pęknięcia w stycznej płaszczyźnie, sygnały EA generowane są przy wyższej wartości K_I . Wyraźnie uwidacznia się to w przypadku drewna buka (rys. 4).

Zróznicowanie kierunku propagacji pęknięcia drewna w płaszczyźnie promieniowej „od rdzenia” lub „do rdzenia” (Ando i Ohta 1995) praktycznie nie wpływa na analizowaną zależność (rys. 3a). Dane prezentowane na rys. 4 wskazują również, że sygnały EA generowane są praktycznie przy takiej samej wartości współczynnika K_I niezależnie od tego czy pęknięcie rozwija się wzdłuż elementów anatomicznych (LT lub LR), czy też w poprzek elementów anatomicznych drewna (TL lub RL). Istotne znaczenie ma w tym przypadku tylko powierzchnia pęknięcia: promieniowa bądź styczna. Powyższe spostrzeżenia wskazują na pewną uniwersalność związku logarytmu tempa zliczeń EA i wartości współczynnika K_I , charakteryzującego stan naprężeń wokół wierzchołka rozwijających się pęknięć podkrytycznych.

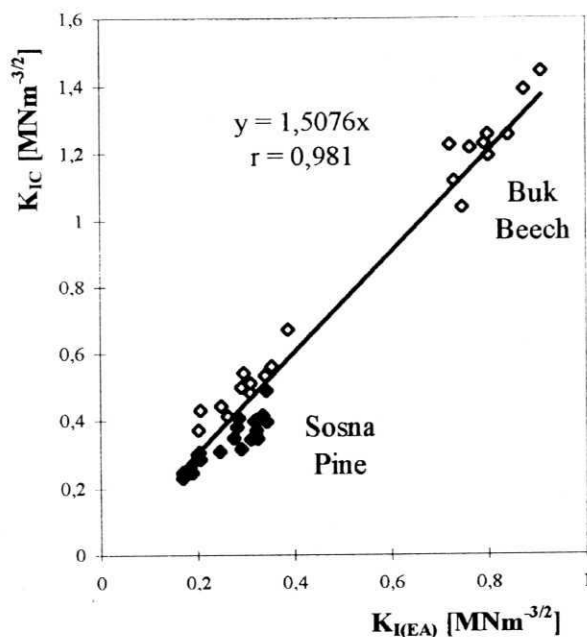
Inicjacja sygnałów EA przy niższej wartości współczynnika K_1 w przypadku wymuszenia pęknięcia w promieniowej płaszczyźnie w porównaniu z wartością K_1 w wypadku wymuszenia pęknięcia w stycznej powierzchni ma swoje odzwierciedlenie w obrazie pęknięć desorpcyjnych drewna. W przypadku drewna sosny zróżnicowanie wartości współczynnika K_1 dla promieniowej i stycznej płaszczyzny pęknięcia jest w porównaniu z drewnem buka stosunkowo niewielkie. Z obserwacji pęknięć desorpcyjnych drewna sosny na przekroju poprzecznym wynika, że tor tych pęknięć jest często załamany a powierzchnia jest nieregularnie postrzępiona. Załamanie toru pęknięć desorpcyjnych w kierunku stycznym przeważnie ma miejsce na granicy przyrostów rocznych. W wypadku zaś drewna buka pęknięcia desorpcyjne są stosunkowo proste a powierzchnia ich jest względnie gładka.

Ścisły związek pomiędzy tempem generacji sygnałów EA, a stanem naprężeń w obrębie krawędzi pęknięcia, warunkującym dalszy jego rozwój potwierdza wcześniej wskazaną możliwość wykorzystania metody EA do kontroli i sterowania procesem sztucznego suszenia drewna (np. Kitayama i in. 1985; Honeycutt i in. 1985). Wyniki niniejszej pracy wydają się wskazywać, że najodpowiedniejszym deskryptorem sygnałów EA możliwym do wykorzystania w praktyce suszenia drewna jest tempo EA. Opracowany i opatentowany w Japonii (Kitayama i in. 1985) sposób sterowania procesem sztucznego suszenia drewna polega na niedopuszczeniu, poprzez zmianę parametrów klimatu w suszarni, do wcześniej ustalonego krytycznego tempa EA, zagrażającego powstaniem makroskopowego pęknięcia tkanki drzewnej. Wykorzystanie takiej metody sterowania procesem suszenia jest jak na razie niemożliwe ponieważ krytyczne tempo zliczeń EA, przy którym formowane są makroskopowe pęknięcia jest zależne między innymi od rodzaju suszonego drewna, jego wymiarów, wilgotności początkowej itd. Wydaje się, że wyniki niniejszej pracy umożliwiają ustalenie bezpiecznego progu intensywności EA, który miałby bardziej uniwersalny charakter. Dane zaprezentowane na rys. 3 i 4 przedstawiają zależność tempa EA w funkcji współczynnika intensywności naprężeń dla przypadku rozwoju pęknięć podkrytycznych. Pęknięcia te nie mogą rozwijać się samorzutnie. Wartości naprężeń inicjujących je nie zagrażają zniszczeniu materiału. Dopiero rozrost pęknięć podkrytycznych do wielkości krytycznej, pod wpływem wzrostu naprężeń spowoduje zniszczenie materiału. Zniszczenie materiału (utworzenie pęknięcia rozdzielczego) nastąpi więc w momencie gdy wartość współczynnika intensywności naprężeń osiągnie wartość krytyczną ($K_1 = K_{1C}$). Na rys. 5 przedstawiono zależność krytycznego współczynnika intensywności naprężeń (K_{1C}), od współczynnika intensywności naprężeń, przy którym inicjowane są sygnały EA ($K_{1(EA)}$). Prezentowana zależność zawiera dane eksperymentalne uzyskane dla drewna sosny i buka przy wymuszeniu pęknięcia w promieniowej i stycznej płaszczyźnie. Proporcjonalny związek tych wielkości, przy bardzo wysokim współczynniku korelacji, umożliwia na podstawie progowej wartości współczynnika K_1 inicjującego EA, prognozowanie krytycznej jego wartości (K_{1C}). Tempo zaś emisji akustycznej bezpośrednio związane jest z wartością współczynnika intensywności naprężeń (K_1) (rys. 3 i 4). Związek ten wyraża się równaniem:

$$\frac{dN}{dt} = \beta K_I^n$$

w którym: dN/dt - oznacza tempo EA, β i n stałe.

Tempo emisji akustycznej jest więc bezpośrednią miarą współczynnika intensywności naprężeń. Można zatem założyć, bądź eksperymentalnie ustalić, dopuszczalną wartość K_I lub odpowiadającą tej wartości intensywność EA, przy której nie nastąpi krytyczne pękanie tkanki drzewnej. Jest to możliwe pod warunkiem, że zależność przedstawiona na rys. 5 będzie miała charakter uniwersalny, tzn. będzie taka sama dla innych rodzajów drewna i innych konfiguracji szczelin. Wyniki niniejszej pracy wskazują, iż taka zależność jest możliwa. Potwierdzenie jednakże tego spostrzeżenia wymaga dalszych badań.



Rys.5. Związek pomiędzy wartością współczynnika intensywności naprężeń w chwili zapoczątkowania EA ($K_{I(EA)}$) i krytyczną wartością współczynnika intensywności naprężeń (K_{IC}) określony dla drewna sosny i buka podczas wymuszenia rozwoju pęknięć w promieniowej i stycznej płaszczyźnie

Fig. 5. Relation between value of stress intensity factor in AE starting moment ($K_{I(EA)}$), and critical value of stress intensity factor (K_{IC}), determined for pine and beech wood in fracture process forced in radial and tangential planes

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wykazały ścisły związek pomiędzy logarytmem tempa zliczeń sygnałów EA, a współczynnikiem intensywności naprężeń (K_I). Pomiedzy współczynnikiem intensywności naprężeń w chwili zapoczątkowania procesu EA, a krytycznym współczynnikiem intensywności naprężeń (K_{IC}) istnieje prostoliniowa zależność. Otrzymane wyniki sugerują możliwość kontroli procesu pęknięcia suszonego drewna poprzez pomiar tempa EA. Ustalenie jednakże bezpiecznej, dopuszczalnej wartości intensywności EA podczas procesu suszenia wymaga dalszych badań.

Praca wpłynęła do Redakcji we wrześniu 1997

LITERATURA

- Ando K., Ohta M. (1995): Relationships between the morphology of micro-fractures of wood and the acoustic emission characteristics. *Mokuzai Gakk.* 42(7): 640-646.
- Ashby M.F., Jones D.R.H. (1995): Materiały inżynierskie. 1. Właściwości i zastosowania. WNT Warszawa:149-176.
- Becker H.F. (1982): Schallemissionen whrend der Holz Trocknung. *Holz als Roh- und Werkst.* 40(9): 345-350.
- Bernatowicz G. (1994): Anwendung der Schallemissionsanalyse bei der Trocknung von Holz. *Ann. of Warsaw Agricul. Univ. - SGGW* 44: 77-82.
- Booker J.D., Doe P.E. (1995): Acoustic emission related to strain energy during drying of *Eucalyptus regnans* boards. *Wood Sci. and Technol.* 29: 145-156.
- Fonder W. (1993): Kierunki leśnego zagospodarowania gruntów porolnych i nieużytków przeznaczonych do zalesienia - Plantacje drzew szybko rosnących. *Mat. I Konferencji Naukowej „Las - Drewno-Ekologia”* Poznań: 45-52.
- Garrahan P., Cane D. (1989): Analysis of degrade levels in drying eastern spruce - pine - fir dimension lumber. *Proc. Inter. IUFRO Symp. "Wood drying"*, Seattle, Washington USA: 7-17.
- Honeycutt R.M., Skaar C., Simpson W.T. (1985): Use of acoustic emission to control drying rate of red oak. *Forest Prod. J.* 35(1): 48-50.
- Kitayama S., Noguchi M., Satoyoshi K. (1985): Automatic control system of drying Zelkova wood by acoustic emission monitoring. *Acoustic Letters* 9(4): 45-48.
- Lemaitre J. (1996): A course on damage mechanics. Springer Verlag, Berlin etc.
- Lamp F.M., Wengert E.M. 1989: A perspective on drying cost and degrade. *Proc. Inter. IUFRO Symp. "Wood drying"*, Seattle, Washington USA: 18-23.
- Noguchi M. (1991): Stosowanie emisji akustycznych w obróbce i przerobie drewna oraz w ocenie jego właściwości. *Mokuzai Gakk.* 37(1): 1-8 (tłum. z j. jap.).
- Noguchi M., Kagawa Y., Katagiri J. (1980): Detection of acoustic emissions during hardwood drying. *Mokuzai Gakk.* 26(9): 637-638.
- Noguchi M., Kagawa Y., Katagiri J. (1983): Acoustic emission generation in the process of drying hardwoods. *Mokuzai Gakk.* 29(1): 20-23.
- Noguchi M., Kitayama S., Satoyoshi K., Umetsu J. (1987): Feedback control for *Zelkova serrata* using in-process acoustic emission monitoring. *Forest Prod. J.* 37(1): 28-34.
- Noguchi M., Okumura S., Kawamoto S. (1985): Characteristics of acoustic emissions during wood drying. *Mokuzai Gakk.* 31(3): 171-175.

- Okumura S., Kawamoto S., Mori T., Noguchi M. (1986): Acoustic emission during drying of Japanese oak (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*). Bull. Kyoto Univ. For. 57:300-307.
- Ranachowski J., Rejmund F. (1994): Emisja akustyczna w ceramice technicznej. Emisja akustyczna - Źródła - Metody - Zastosowania. KBN Warszawa: 55-107.
- Sadanari M., Kitayama S. (1989): Waveform analysis of acoustic emissions generated in the wood-drying process. Mokuzai. Gakk. 35(7): 602-608.
- Widłak H. (1991): Przyczyny i rozmiary strat materiałowych powodowanych wadami suszenia tarcicy. Przemysł drzewny 42(6): 19-21.
- Wnuk M. P. (1977): Podstawy mechaniki pęknięcia. Skrypt AGH Kraków.

ACOUSTIC EMISSION ACTIVITY FROM WOOD UNDER MECHANICALLY FORCED FRACTURE IN ACROSS-TO-THE-GRAIN DIRECTION

Summary

The purpose of this study is better approach to relations between acoustic emission (AE) activity, and wood fracture process in across-to-the-grain direction. AE activity was recorded in bending test of pine and beech wood samples while cracking process was forced in radial and tangential planes. The experiment was performed on samples with a notch.

Analysis of the test results showed very close relation between the logarithm of AE counts rate and the stress intensity factor (K_I). It was revealed as well that a linear relation ($r=0,981$) between stress intensity factor at AE process starting moment and critical value of stress intensity factor (K_{IC}), which characterises fracture toughness of wood. The obtained results suggest the possibility of fracture control in wood drying process by AE counts rate measurement.

Adres autorów:

Dr inż. Waldemar Moliński

Prof. dr hab. Jan Raczkowski

Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

Katedra Nauki o Drewnie

60-627 Poznań, ul. Wojska Polskiego 38/42 POLAND