

# Oddziaływanie wodoru na kształtowanie i odprowadzenie wiórów w obróbce skrawaniem stali wysokostopowych z użyciem ekologicznych cieczy smarująco-chłodzących

Hydrogen impact on the chips formation and withdrawing in alloy steel machining with using of ecological cooling-lubricant liquids

ALEXANDER BALITSKII  
MARIA HAWRILYUK  
JACEK ELIASZ  
WALENTYNA BALITSKA  
WALERIY KOLESNIKOW \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.387

Ekologiczne ciecze smarująco-chłodzące, zawierające w swoim składzie olej słonecznikowy, podczas obróbki skrawaniem stali wysokostopowych (stosowanych w generatorach elektrowni ciepłych i jądrowych) polepszają chropowatość powierzchni oraz kształtowanie i odprowadzenie wiórów. Korzystne efekty stosowania tych cieczy wynikają m.in. z oddziaływania wodoru, który wydziela się przy ich destrukcji.

**SŁOWA KLUCZOWE:** ekologiczne ciecze smarująco-chłodzące, wióry, wodór

*Ecological cooling-lubricant liquids, which containing in its composition sunflower oil during machining of alloy steel (used in generators on forcible and nuclear power plants) improve the surface roughness, formation and chip removal facilitates the direct interaction of hydrogen, which arises during their destruction.*

**KEYWORDS:** ecological cooling-lubricant liquids, chips, hydrogen

Ekologiczne ciecze smarująco-chłodzące (CSCH) na bazie olejów słonecznikowego i rzepakowego modyfikowanych trójetanolaminem są w ostatnich latach szeroko stosowane dla poprawy warunków obróbki skrawaniem stali, zwłaszcza trudnoobrabialnych stali wysokostopowych [3-10]. Poprzednie badania autorów pozwoliły ustalić, że dodatki olejów: słonecznikowego lub rzepakowego do CSCH mogą efektywnie zastępować oleje naftowe i być stosowane przy produkcji i podczas remontów elementów turbin, np. wirników (w elektrowniach jądrowych i ciepłych), przy zachowaniu wysokich wymagań ekologicznych i bezpieczeństwa pożarowego [1÷5].

Wirniki turbogeneratorów o dużej mocy wyprodukowane są ze stali wysokostopowych zawierających chrom Cr i nikiel Ni: chromowo-molibdenowo-wanadowych 26H2MF, 30H2MF, chromowo-niklowo-molibdenowej 34HN3M, chromowych X105CrMo17, H17N13M2T.

Proces technologiczny produkcji wirników turbin parowych przewiduje dwa etapy: obróbkę odlewaniem i obróbkę skrawaniem. Obróbka skrawaniem jest również ważnym etapem w procesie regeneracji wirnika w czasie remontu turbiny [2, 3]. W obu przypadkach (wytwarzania i remontu), w procesie skrawania – ze względu na złą skrawalność materiałów obrabianych – niezbędne jest wybranie właściwych warunków obróbki, w tym cieczy chłodząco smarujących.

Celem zrealizowanych badań było określenie wpływu CSCH na skrawalność tych materiałów ze względu na kształtowanie i odprowadzanie wióra. Ważnym zagadnieniem było również określenie oddziaływania CSCH na powierzchnię przedmiotu obrabianego.

## Materiały i metodyka badań

Badania skrawalności wykonano dla procesu toczenia. Na tokarce sterowanej numerycznie MK 6141 obróbkę nożem tokarskim VK-6 z ostrzami kobaltowo-wolframowymi (8Co, 92W) poddano próbki w postaci wałków o średnicy 28 mm. Toczenie odbywało się na sucho i mokro (z użyciem wody lub CSCH) z parametrami technologicznymi: prędkościami skrawania  $v_c = 18$  m/min,  $v_c = 28$  m/min, głębokością skrawania  $a_p = 4$ ; 5 mm i posuwem  $f = 0,1$ ; 0,2 mm/obr. Szczegółowej ocenie poddano wióry jako istotne elementy poprawnego i efektywnego procesu obróbki.

## Wyniki badań

Morfologia produktów skrawania (powierzchni po obróbce i wiórów) w przypadku obróbki na sucho lub mokro (w wodzie i CSCH) różni się. Wskazuje na to już samo porównanie wiórów otrzymanych w obróbce bez chłodzenia (rys. 1) oraz z chłodzeniem w wodzie i CSCH (rys. 2÷4).

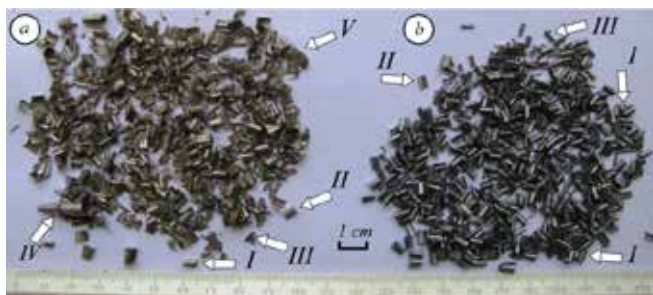


Rys. 1. Wióry przy toczeniu na sucho: a)  $v_c = 18$  m/min, b)  $v_c = 28$  m/min

Wióry otrzymane przy skrawaniu na sucho z niską prędkością skrawania ( $v_c = 18$  m/min) mają prostokątne

\* Prof. dr hab. inż. Alexander Balitskii (abalicki@zut.edu.pl) – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Fizyko-Mechaniczny Instytut Państwowej Akademii Nauk we Lwowie; mgr inż. Maria Hawrilyuk (gavriluk@ipm.lviv.ua) – Fizyko-Mechaniczny Instytut Państwowej Akademii Nauk we Lwowie; dr hab. inż. Jacek Eliaz, prof. ZUT (Jacek.Eliasz@zut.edu.pl) – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie; doc. dr inż. Walentyna Balitska (vbalitska@yahoo.com) – Lwowski Państwowy Uniwersytet Bezpieczeństwa Życia; doc. dr inż. Waleriy Kolesnikow (kolesnikov197612@gmail.com) – Lugański Państwowy Uniwersytet im. Tarasa Szewczenki, Starobilsk, Fizyko-Mechaniczny Instytut Państwowej Akademii Nauk we Lwowie

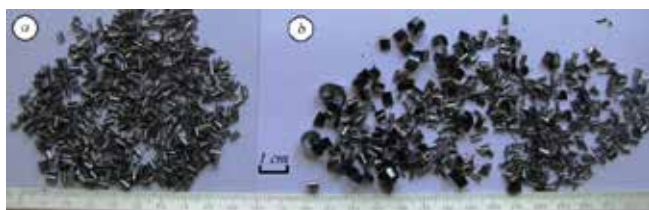
wydłużony kształt o długości 10÷15 mm (rys. 1a, strzałka I). Charakterystyczne jest to, że strona wióra będąca w kontakcie z powierzchnią natarcia jest gładka, o metalicznym połysku (rys. 1a, strzałka II), a strona odwrotna ma wyraźne schodkowe ustępy. Wzrost prędkości skrawania powoduje pojawienie się dłuższych wiórów (o długości do 400 mm) i dużej ilości wiórów w formie spirali o średnicy 25 mm (rys. 1b, strzałka I). Można zauważyć także wióry o kształtach beczko-podobnych cząstek i spirali (rys. 1b, strzałka II) oraz zakręconych cząstek z rozerwaną powierzchnią (rys. 1b, strzałka III). Blisko 50% wiórów ma wyraźny kolor fioletowy lub żółty z metalicznym połyskiem.



Rys. 2. Wióry przy toczeniu na mokro z użyciem wody: a)  $v_c = 18$  m/min, b)  $v_c = 28$  m/min

Wykorzystanie obróbki z użyciem wody lub CSCH przy prędkości skrawania  $v_c = 18$  m/min powoduje zanikanie zabarwienia wiórów, a przy  $v_c = 28$  m/min pojawiają się zabarwione wióry o podobnych kolorach, znacznie mniej nasyconych (rys. 2 i 3).

Są to wióry o beczko-podobnym kształcie (rys. 2b, strzałka I). W procesie obróbki na mokro rozmiary wiórów maleją; typowe są wióry o długości 3 mm (przy obróbce z chłodzeniem wodą, rys. 2, strzałki II, III) i 2 mm (przy chłodzeniu CSCH, rys. 3). Obok występują wióry spiralne (rys. 2a, strzałka IV) charakteryzujące się większymi rozmiarami – długością 10÷20 mm i średnicą 4÷6 mm – oraz wydłużone, prostokątne ze schodkowymi ustępami, o długości 8÷10 mm i szerokości 4 mm. Oddziaływanie CSCH na proces kształtowania wiórów wynika z powierzchniowej fizycznej lub chemicznej adsorpcji wodoru.



Rys. 3. Wióry przy toczeniu na mokro z użyciem CSCH: a)  $v_c = 18$  m/min, b)  $v_c = 28$  m/min

Korzystne oddziaływanie CSCH potwierdziły długotrwałe obserwacje przechowywanych wiórów otrzymanych w obróbce na mokro i z CSCH.

Wióry po obróbce z użyciem wody (po roku przetrzymywania) mają stabilny złocisty kolor (rys. 4a), a wióry po obróbce z użyciem CSCH mają naturalne kolory stali (rys. 4b). Świadczy to jednoznacznie o konserwującym efekcie CSCH i powstrzymaniu procesu utleniania.

## Podsumowanie

Stosowanie ekologicznych cieczy smarująco-chłodzących (zgodne z wymaganiami ISO 6743/7, PN-



Rys. 4. Obrazy wiórów przechowywanych przez rok na powietrzu po procesie toczenia z chłodzeniem: a) wodą, b) CSCH ( $v_c = 18$  m/min)

-78/C-96098/10, DIN 51 385), zawierających w swoim składzie oleje słonecznikowy i rzepakowy (biodegradowalne, niepalne) podczas obróbki skrawaniem stali wysokostopowych (stosowanych w turbogeneratorach elektrowni ciepłych i jądrowych) zmniejsza chropowatość powierzchni. Oddzielenie od powierzchni nadmiaru materiału, kształtowanie i odprowadzenie wiórów ułatwia bezpośrednie oddziaływanie wodoru, który wydziela się przy destrukcji CSCH. Wodór adsorbuje się na powierzchni obrabianej i obrobionej. Dzięki oddziaływaniu wodoru otrzymuje się wiór kruchy, drobny (o długości 10÷20 mm i średnicy 4÷6 mm) w postaci beczko-podobnych cząstek (łatwy do usunięcia ze strefy skrawania), w przeciwieństwie do stopniowych, długich wiórów, które powstają bez udziału wodoru. Łatwe usuwanie drobnych, kruchych wiórów gwarantuje wydłużenie trwałości narzędzi, obniżenie kosztów i skrócenie czasu operacji obróbkowej.

Podwyższeniu prędkości skrawania podczas obróbki badanych stali wysokostopowych towarzyszą: wzrost temperatury w strefie skrawania, zmiana koloru wiórów oraz przyspieszenie destrukcji CSCH połączone z wydzieleniem wodoru. Skład chemiczny warstwy wierzchniej wiórów różni się po stronach gładkiej i chropowatej wskutek występujących procesów dyfuzji wodoru i pierwiastków stopowych.

## LITERATURA

- Balitskii A., Hawrilyuk M., Elias J., Balitska W., Kochubei W. „Wpływ wytrzymałości termicznej cieczy smarująco-chłodzących na jej zdolność do pracy w warunkach skrawania”. *VIII Szkoła Obróbki Skrawaniem – Synergia Nauki z Przemysłem*. Red. M. Pajora. 2014, s. 257÷264.
- Balitskii A.I. (ed.). „Strength of Materials and Durability of Structural Elements of Nuclear Power Plants”. *Fracture Mechanics and Strength of Materials: Reference Book* (ed. V.V. Panasyuk). Vol. 8. Kyiv: PH „Akademperiodyka, 2005: p. 544
- Taurig G.E., Puchowski E.S., Gryszczyński E.J. „Obróbka wielkich detali”. Kijów: PH „Technika”, 1981, s. 207.
- Boyd S. „Green lubricants. Environmental benefits and impacts of lubrication. Uniqema lubricants”. *Green Chemistry*. No. 4 (2002): pp. 293÷307.
- Sathwik Chatra K.R., Jayadas N.H., Kailas Satish V. „Natural oil – based lubricants”. *Green Tribology, Green Energy and Technology*. (2012): pp. 287÷328.
- Sokovic M., Mijanovic K. „Ecological aspects of the cutting fluids and its influence on the quantifiable parameters of the cutting processes”. *J. Mat. Proc. Techn.* No. 109 (2001): pp. 181÷189.
- Wilfried J. Bartz. „Lubricants and the environment”. *Tribology Int.* No. 1÷3 (1998): pp. 35÷47.
- Belluco W., De Chiffre L. „Performance evaluation of vegetable-based oils in drilling austenitic stainless steel”. *J. Mat. Proc. Techn.* No. 148 (2004): pp. 171÷176.
- Jayadas N.H., Prabhakaran Nair K., Ajithkumar G. „Tribological evaluations of coconut oil as an environment-friendly lubricant”. *Tribology Int.* No. 40 (2007): pp. 350÷354.
- Lawal S.A., Choudary I.A., Nukman Y. „Application of vegetable oil-based metal working fluids in machining ferrous metals. A review”. *Int. J. Machine Tools & Manufacture*. No. 52 (2012): pp. 1÷12.