

Prof. dr hab. inż. Alexander BALITSKII (Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Fizyko-Mechaniczny Instytut Państwowej Akademii Nauk Ukrainy we Lwowie); mgr inż. Maria HWRILYUK (Fizyko -Mechaniczny Instytut Państwowej Akademii Nauk Ukrainy we Lwowie); dr hab. inż. Jacek ELIASZ, prof. ZUT (Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie); dr inż. Walentyna BALITSKA (Lwowski Państwowy Uniwersytet Bezpieczeństwa Życia); dr inż. Waleri LKSNIK OW Ługański Państwowy Uniwersytet im. Tarasa Szewczenki, Starobilsk, Fizyko-Mechaniczny Instytut Państwowej Akademii Nauk Ukrainy we Lwowie):

EFEKTYWNOŚĆ OLEJÓW ROŚ LINNYCH JAKO CIECZY SMARUJĄCO-CHŁODZĄCYCH W OBRÓBCE SKRAWANIEM STALI WIRNIKOWYCH

Streszczenie

Określono efektywność cieczy smarująco-chłodzącej (CSCH) w procesie obróbki ze względu na stan struktury geometrycznej obrobionej powierzchni (SGP). Skrawano wybrane gatunki stali wysokostopowej i żaroodpornej z użyciem CSCH zawierających w swoim składzie oleje roślinne (słonecznikowe i rzepakowe). Opracowano zalecenia doboru parametrów i warunków obróbki tych stali. Wykazano potrzebę stosowania niższych prędkości skrawania w przypadku zwiększonych głębokości skrawania. Dla poprawnego i lepszego odprowadzenia ciepła ze strefy skrawania oraz zwiększenia stabilności procesu wykazano potrzebę stosowania narzędzi o ostrzach o większej masie (przejmowanie ciepła ze strefy skrawania). Zaproponowane CSCH na bazie naturalnych olejów roślinnych w procesach skrawania pozwolą zmniejszyć zużycie chłodziw z produktów ropopochodnych i jednocześnie zagospodarować niewykorzystywane dotychczas oleje roślinne, które często są produktem odpadowym w innych działach gospodarki.

Słowa kluczowe: *ciecze smarująco-chłodzące, toczenie, ciepło, SGP*

EFFECTIVENESS OF VEGETABLE OILS AS CUTTING FLUIDS IN MACHINING OF ROTARY STEELS

Abstract

The efficiency of cutting fluid (CF) in the machining process depending on the condition of the machined surface geometrical structure (SGS) was determined. Assorted grades of high-alloy and heat-resisting steel were machined using CFs containing vegetable oils (sunflower and rapeseed). Recommendations for selection of machining parameters and conditions for these steels were developed. A need to use lower cutting speeds in case of increased cutting depths was demonstrated. For correct and improved heat dissipation from the cutting zone and the improvement of process stability, a need to use tools with blades of a higher mass was demonstrated (heat transfer from the cutting zone). The use of proposed CFs based on natural vegetable oils in cutting processes will allow reduction of use of petroleum-derived coolants and simultaneously, the development of hitherto unused vegetable oils which are often waste products in other industries.

Keywords: *cutting fluids, turning, heat, SGS*

EFEKTYWNOŚĆ OLEJÓW ROŚLINNYCH JAKO CIECZY SMARUJĄCO – CHŁODZĄCYCH W OBRÓBCE SKRAWANIEM STALI WIRNIKOWYCH

Alexander BALITSKII^{1,2}, Maria HAWRILYUK¹, Jacek ELIASZ²,
Walentyna BALITSKA³, Waleriy KOLESNIKOW^{1,4}

Ustalono efektywność cieczy smarująco-chłodzącej (CSCH) - zawierającej w swoim składzie oleje roślinne (słonecznikowy i rzepakowy) na obróbkę skrawaniem stali wirnikowych w wyniku polepszenia chropowatości powierzchni. Uzasadniono niższe prędkości cięcia i większą głębokość podania z powodu oddzielania od powierzchni zniekształconego metalu. Dla toczenia należy stosować masywne narzędzia dla lepszego odvodu ciepła od tnącej powierzchni i uniknięcia wibracji. Oleje słonecznikowy i rzepakowy mogą efektywnie zamieniać oleje z ropy naftowej przy obróbce stali wysokowytrzymałych.

1. WPROWADZENIE

CSCH do cięcia metali stanowią ważną grupę materiałów w obróbce metali. Pomagają one poprawić zdolność narzędzi, czystość powierzchni, precyzyjność powierzchni obrabianych, ułatwiają rozmiary powstawianych wiórów i ich usunięcie. Olej mineralny jest podstawowym płynem do obróbki metali w przemyśle na całym świecie.

¹ Fizyko-Mechaniczny Instytut Narodowej Akademii Nauk we Lwowie, 79-601, 5, ulica Naukowa, Lwów, Ukraina

² Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, 70-310, 19, aleja Piastów, Szczecin, Polska

³ Lwowski Państwowy Uniwersytet Bezpieczeństwa Życia, 79-000 Lwów, 35, ul. Kleparowska, Lwów, Ukraina

⁴ Lugański Państwowy Uniwersytet im. Tarasa Szewczenki, 92-703, 1, plac Gogola, Starobilsk, Ukraina

Oleje z ropy naftowej oprócz korzyści, które spełniają wymagania przemysłu, mają tę wadę, że negatywnie wpływają na pracowników i środowisko w szerokim zakresie, w tym wg. aerozoli toksycznych, dymów olejowych i sadzy, powodując choroby skóry i układu oddechowego, a odpady zanieczyszczają glebę oraz zbiorniki. To powoduje opracowanie podejścia do rozwoju bezpiecznych biodegradowalnych płynów do obróbki metalu, które przyczyniają się do stosowania płynnych produktów rolnych, a mianowicie olejów roślinnych do zastosowań trybologicznych. Niektóre publikacje wykazały, że oleje roślinne mogą skutecznie zastąpić smary z ropy naftowej [1 - 10] oraz potwierdzających ich perspektywy.

W nich zbadano oleje rycynowe, palmowe, kokosowe, rzepakowe czyli oleje roślinne, których cechy są obecnie badane. Badania poświęcone znalezieniu alternatywy dla stosowania produktów naftowych w produkcji CSCH w celu ułatwienia obróbki stali na wirniki generatorów elektrowni ciepłych i jądrowych, które należą do trudno obrabianych poprzez połączenie doskonałej wytrzymałości i niską przewodności cieplną. Stosowanie olejów roślinnych, które szybko rozkładają się naturalnie (mikroorganizmami), zamiast olejów mineralnych z ropy naftowej spowoduje zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska.

2. MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Określono skuteczność CSCH do obróbki skrawaniem (toczenie, wiercenie) i próbek stali 38HN3MFA, które są używane do produkcji wałów i wirników turbogeneratorów i turbin parowych, a także trwałość narzędzia, zużycia narzędzi i proces tworzenia wióra. Skład chemiczny i właściwości mechaniczne stali wirników przedstawiono w [7]. Prędkość wiercenia (mm/s) wyznaczono przy wierceniu próbki 38HN3MFA przy obciążeniu osiowym 150 N. Umowy toczenia: $V = 200$ obr./ min, $S = 0,1$ mm / obr., $t = 3$ mm; tarcza VK-8.

Dla tego zmierzono głębokość otworów wierconych przy stałym obciążeniu osiowym w określonym czasie (20 sekund). Procedurę powtarzano pięciokrotnie, a wyniki uśrednia się. Trwałość instrumentu uzależniona od łącznej głębokości wywierconych w powyższych warunkach otworów (mm) do tępienia, kryterium którego była redukcja do 30% prędkości wiercenia.

Do porównawczych prób stosowano próbki optymalnej receptury z serii próbek uzyskanych z oleju słonecznika (CSCHs), rzepaku (CSCHr) [8] i na bazie ropy naftowej (CSCHn) (koncentrat ET TU-2 W 2001 00152365.133- dalej CSCHn), który składa się z mieszaniny estrów i mydła kwasy zelyugowego z olejem trójetanoloaminowym (rozpuszczonym w oleju przemysłowym I-20A, który ma specyficzny zapach zelyugowy).

Do wiercenia używana pionowa frezarka. Narzędzie do pomiaru zużycia stosowano przy użyciu mikroskopu wyposażonego elektronicznej skalą i czujnikiem X-Y.

Obróbką skrawaniem przeprowadzono na sucho, w wodzie, w dwóch badanych koncentratach (2-, 3- i 5% wodnych roztworach): 1 - (CSCHs), 2 - (CSCHr), 3 - (CSCHn).

Wpływ CSCH na proces odkształcenia plastycznego metalu odbywa się przez jego powierzchnię za pomocą adsorpcji fizycznej lub chemicznej.

W związku z tym przedstawiono wyniki badań dotyczące badania powierzchni po obróbce w wyżej wymienionych CSCH. Ostrze wyposażone twardym stopem węglowym VK-6.

Tak więc, przy toczeniu średnią szybkość odkształcania w strefie cięcia metalu 10^3-10^5 s^{-1} , która jest 5-7 rzędy wielkości większa niż prędkość odkształcania przy statycznym rozciąganiu lub ściskaniu oraz na rzędu przy obciążeniu udarowym, a temperatura w strefie odkształcania osiągnie 0,2 - 0,6 od temperatury topienia metalu [9].

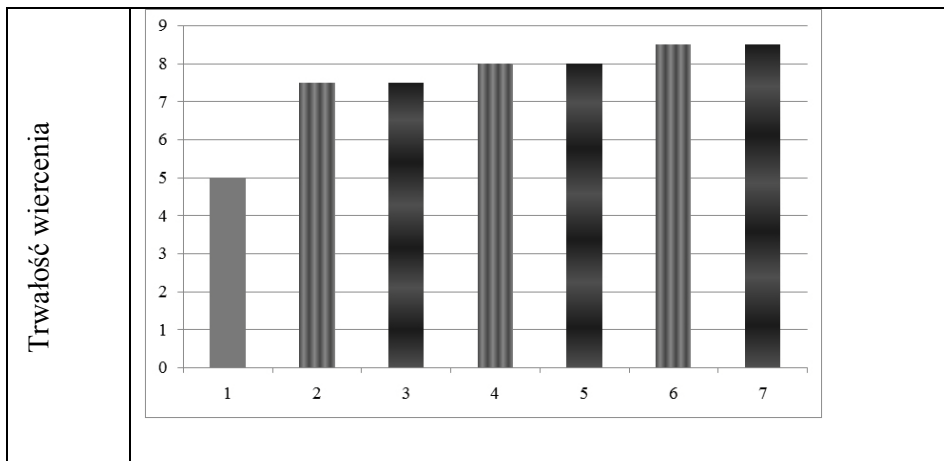
Trwałość narzędzia tnącego jest jednym z głównych kryteriów oceny właściwości technologicznych CSCH. Wskaźnikiem zużycia są ubytek masy narzędzia.

Kontrola, preselekcja i ostrzenie narzędzi odbywało się zgodnie z normą PN-EN ISO 4287.

3. WYNIKI BADAŃ

Ocena zmiany zasobu narzędzia przy wierceniu i toczeniu, a także i skręcania wióru w zależności od rodzaju CSCH przy cięciu pokazano na rys.1, 2.

Średnia trwałość narzędzia wiertła oceniano przy użyciu CSCH odmiennego charakteru i koncentracji podczas wiercenia próbek stali 38HN3MFA.



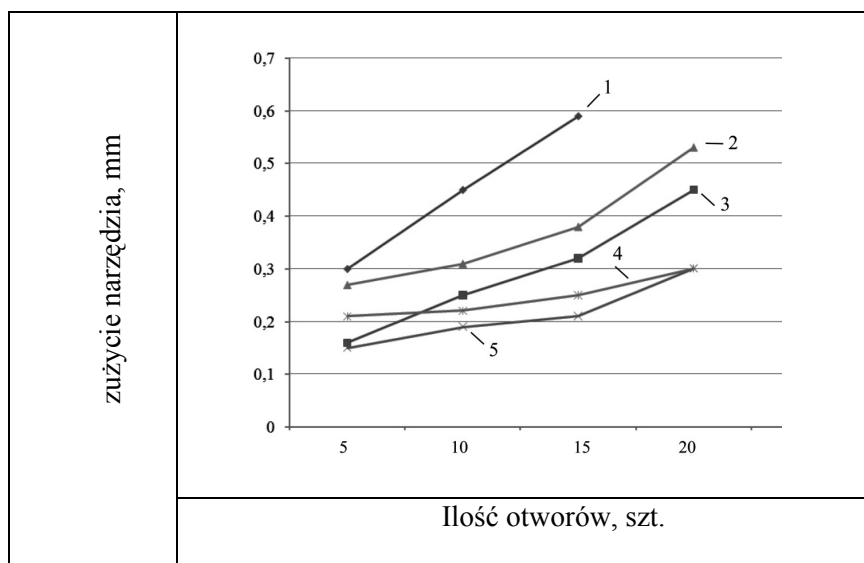
Rys. 1. - Zależność długości skrawania od składu chemicznego CSCH: 1 - CSCHn - 3%, 2 - CSCHs - 2%, 3 - CSCHr - 2%, 4 - CSCHs - 3%, 5 - CSCHr - 3%, 6 - CSCHs - 5%, 7 - CSCHr - 5%.

Zwiększenie stężenia CSCHs i CSCHr w 2,5 razy prowadzi do zwiększenia długości tylko o 11%. W przypadku zmiany składu chemicznego CSCHn na CSCHs lub CSCHr przy stężeniu 3% długotrwałość wiercenia wzrasta o 70%. W tym eksperymencie przyroda CSCH na bazie oleju roślinnego (2-3, 4-5, 6-7) nie ma wpływu na wskaźnik wydajności.

Ustalono, że CSCHs i CSCHr na bazie olejów roślinnych zapewniają lepsze wyniki w porównaniu do ropopochodnych CSCHn.

Proces cięcia stali wysoko wytrzymałych jest złożonym procesem fizycznym, któremu towarzysze wielkie wydzielenie ciepła, deformacja metalu, zużycie narzędzi tnących.

Znajomość z procesami cięcia i zjawisk jemu towarzyszącym pozwala efektywnie zarządzać ten proces i uczynić go bardziej efektywnie, wydajnie i ekonomicznie.



Rys.2. - Zależność zużycia od długości wiercenia: 1 - na sucho, 2 - w wodzie, 3 - CSCHn - 3%, 4 - CSCHr - 3%, 5 - CSCHs - 3%.

Przy obróbce przekształcenie warstwy skrawającej na wióry jest jedną z odmian procesu odkształcania plastycznego materiału, który zmieniają się pod wpływem sił zewnętrznych kształtowania materiału, bez jego zniszczenia.

Główne czynniki wpływające na kształt wióru jest szybkość cięcia i stosowana CSCH. Podczas pracy z optymalnymi prędkościami skrawania na sucho wiór jest długi. Podczas wykorzystania wody lub CSCH wygląd wióru zmienia się.

Pozostaje być długim, ale pojawia się drobne spirale z elementami kruchości.

Kolor wióru zmienia się w zależności nie tylko od temperatury, ale również od czasu trwania procesu.

Przy schłodzeniu wióru CSCH wyjściowy kolor może całkowicie zniknąć, podczas ścinania powierzchni utrzymuje kontakt z frezem o wysokiej temperaturze [26].

Użycie CSCHs na bazie olejów roślinnych zapewnia ochronę przed korozją części maszyn.

Na rys. 3 przedstawiono wygląd wióru za 24 godziny po toczeniu na sucho i za pomocą CSCHs, wody.



Rys 3. Wygląd wióru za 24 godziny po toczeniu na sucho (a) i za pomocą CSCHs (b lewo) i wody (b prawo).

Stosowanie wody jako czynnika chłodzącego i CSCH doprowadziło do zmian w morfologii w układzie wióru (rys. 3).

Podzielenie wióru na części z pewnością pokazuje wpływ współczynnika wodoru w procesie niszczenia.

Chropowatość powierzchni jest główną cechą geometryczną jaka wpływa na działalność operacyjną.

Parametry chropowatości powierzchni są ustalane w wyniku przetwarzania profilogram reprezentujących powiększony profil chropowatej powierzchni (rys. 4 - 6). Parametry, które charakteryzują chropowatość powierzchni, są przedstawione w tabeli (wg normy PN-EN ISO 4287). Stwierdziliśmy Rz (wysokość nieprawidłowości profilu w 10 punktach).

Formuła obliczania:

$$Rz = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |h_{i \max}| + \sum_{i=1}^5 |h_{i \min}| \right)$$

gdzie $h_{i \max}$ i $h_{i \min}$ - największa wysokość i głębokość profilu, odpowiednio, mierzona od linii środkowej. Rz - suma średnich arytmetycznych odchyłeń w 5 punktach maksymalnych i w 5 punktach minimalnych.

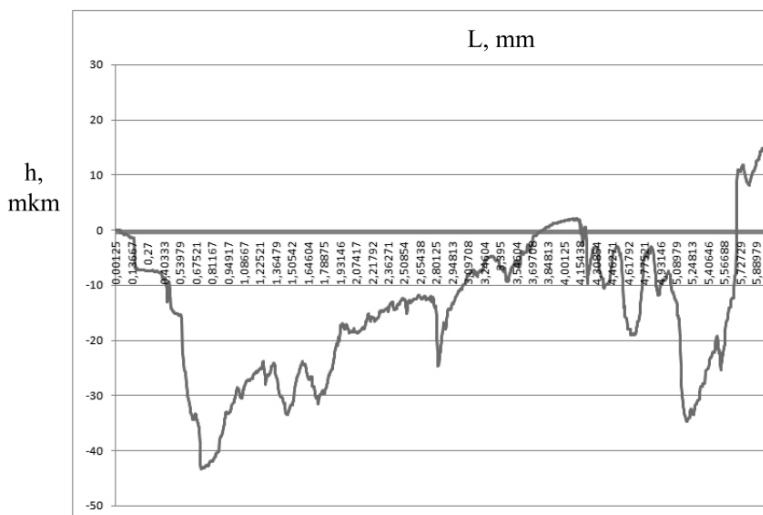
Należy zauważyć, że według normy PN-EN ISO 4287, długość podstawową do określenia chropowatości Rz od 40 do 320 mikronów, powinna wynosić 8,0 mm, a Rz z 40 do 10 mikronów jest 2,5 mm. Według [10], obróbka powierzchni płaskich (meto-

da wstępnej obróbki) Rz może być od 320 do 40 mikronów, Ra nie określa się. Na wykończeniu Rz może być w zakresie od 80 do 20 mikronów. Przed obliczeniem Rz na profilogramach prowadzili linię średnią, a następnie określało się 5 minimalnych i 5 maksymalnych wartości, które można wykorzystać do obliczeń (wyniki przedstawione w tabeli 1.). Po obliczeniach otrzymano wartości Rz.

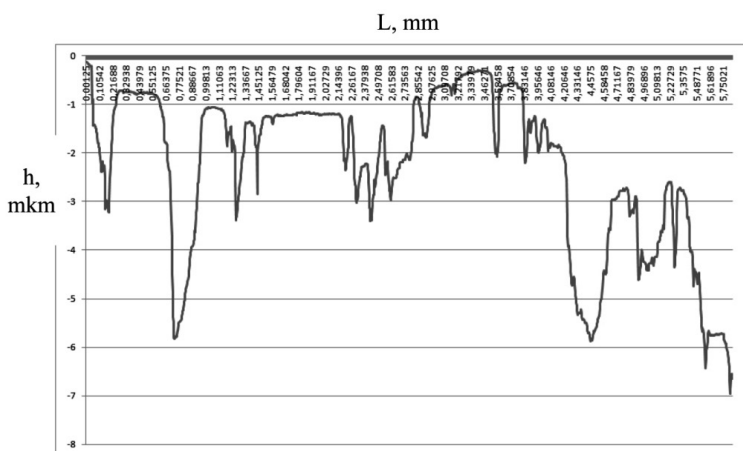
Tabela 1. - Wartości Rz powierzchni po toczeniu.

	Próbki	Rz, mkm
	Na sucho	36,23
	W wodzie	2,51
	W CSCHc	4,72
	W CSCHn	7,76

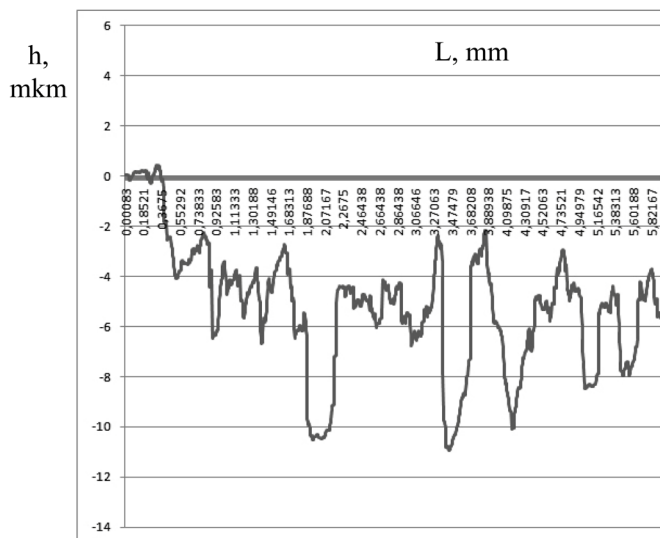
Tak więc, obliczenia pokazują, że obróbka z udziałem CSCH redukuje parametry chropowatości.



Rys. 4. - Fragment profilogramu powierzchni próbki stali wirnikowej (od środka do krawędzi) przy suchym toczeniu. Umowy toczenia: V = 200 obr./ min, S = 0,1 mm / obr., t = 3 mm; tarcza VK-8.



Rys. 5. - Fragment profilogramu powierzchni próbki stali wirnikowej (od środka do krawędzi) przy toczeniu w wodzie. Umowy toczenia: $V = 200$ obr./ min, $S = 0,1$ mm / obr., $t = 3$ mm; tarcza VK-8.



Rys. 6. - Fragment profilogramu powierzchni próbki stali wirnikowej (od środka do krawędzi) przy toczeniu w CSCH. Umowy toczenia: $V = 200$ obr./ min, $S = 0,1$ mm / obr., $t = 3$ mm; tarcza VK-8.

Podstawowa długość L - to długość linii podstawowej, która jest używana do podkreślenia różnic, które charakteryzują chropowatość powierzchni i oszacowania jej parametrów.

Wybór długości bazowej w zależności od wysokości nierówności i klasy chropowatości określone zgodnie z normą PN-EN ISO 4287.

Tak więc obliczenia pokazują, że obróbka za pomocą CSCH zmniejsza parametry chropowatości.

4. PODSUMOWANIE

Ustalono efektywność cieczy smarująco-chłodzącej (CSCH) - zawierającej w swoim składzie oleje roślinny (słonecznikowe i rzepakowy) na obróbkę skrawaniem stali wirnikowych w wyniku polepszenia chropowatości powierzchni. Uzasadniono niższe prędkości ciecicia i większą głębokość podania z powodu oddzielania od powierzchni zniekształconego metalu. Dla toczenia należy stosować masywne narzędzia dla lepszego odvodu ciepła od tnącej powierzchni i uniknięcia wibracji. Oleje słonecznikowy i rzepakowy można efektywno zamieniać oleje z ropy naftowej przy obróbce stali wysokowytrzymałych. Należy stosować niższych prędkości skrawania na większej głębokości dla stali wirnikowych w celu oddzielenia umocnionych powierzchni metalu.

LITERATURA

- [1] Y.M. Shashidhara and S.R.Jayaram, Vegetable oils as a potential cutting fluid - An evolution, *Tribology International*, 43, 2010, P. 1073-1081.
- [2] K.R. Sathwik Chatra, N.H. Jayadas and Satish V. Kailas. Natural oil - based lubricants, *Green Tribology, Green Energy and Technology*, 2012, P.287-328.
- [3] Mithun Shah, Umashankar Rawat, V.V.Potdar. A Review on Study of Performance of Vegetable based oils as Cutting Fluid in Machining of Alloys, *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJRAE)*, V. 1 Issue 11, 2014, P. – 47- 49.
- [4] Sunday Albert Lawal. Review of Application of Vegetable Oil-Based Cutting Fluids in Machining Non-Ferrous Metals, *Indian Journal of Science and Technology*, V. 6, Issue 1, 2013, P. – 113-118.
- [5] Emel Kuram, Babur Ozelik and Erhan Demirbas. Environmentally Friendly Machining: Vegetable Based Cutting Fluids, *Green Manufacturing Processes and Systems*, 2013, P. – 23-47.
- [6] Mohd Saad Saleem, Mohd. Zafaruddin Khan, Md Zakaullah Zaka. Vegetable Oil as an Alternate Cutting Fluid While Performing Turning Operations on a Lathe Machine Using Single Point Cutting Tool, *International Journal of Technical Research and Applications*, V. 1, Issue 5, 2013, P. 103-105.
- [7] Fracture mechanics and strength of materials: Reference book / Editor-in-chief V. V. Panasyuk. Volume 8. Strength of materials and durability of structural elements of nuclear power plants/ A.I.Balitskii, O.V.Makhnenko, O.A.Balitskii, V.A.Grabovskii, D.M.Zaverbnyi, B.T.Timofeev. Editor A. I. Balitskii – Kyiv: PH “Akadempriodyka”, 2005, 544 p.
- [8] Balitskii A.I, Havrylyuk M.R., Deviatkin R.M., Fedusiv I.R. Concentrate of Modified Sunflower Oil as an Emulsifier of Lubricating-Cooling Liquids. Patent of Ukraine N 89417 MPK ((2013.01) C10M 173/00, C10M 133/02 (2006.01), C10M 129/56 (2006.01), C10M 40/20 (2006.01). Announced N u 2013 10508; 29.08.2013. Publ. 25.04.2014. Bul.N 8, 4 p.
- [9] Balitskii A., Elias J., Soszko W., Hawrylyuk M. Modyfikacja powierzchni stali z wykorzystaniem cieczy chłodząco-smarujących w celu zwiększania efektywności procesu skrawania, *Obróbka skrawaniem: efektywne wytwarzanie*, pod red. Piotra Cichosza, Wrocław, 2012, 6, P. 333 – 340.
- [10] Alexander Balitski, Maria Hawrylyuk, Jacek Elias, Walentyna Balitska, Wiktor Kowalenko. Wpływ cieczy smarująco-chłodzących na proces wiercenia stali wysokoazotowej, *Obróbka Materiałów Trudnoobrabialnych, VII Konferencja Szkoły Obróbki Skrawaniem, Mierzecin, 11-13 września*, 2013, P. 287-294.