

	Organizatorzy: Politechnika Łódzka Wydział Mechaniczny	XXXVIII NAUKOWA SZKOŁA OBRÓBKI ŚCIERNEJ Łódź - Uniejów 09-11.09.2015	
	• Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn • Katedra Technologii Maszyn		

Analiza składowych sił skrawania w procesie szlifowania materiałów trudnościeralnych

Analysis of components of cutting forces in the process of grinding

RYSZARD WÓJCIK
RADOSŁAW ROSIK
PRZEMYSŁAW WEJMAN
ROBERT WALCZAK *

DOI: 10.17814/mechanik.2015.8-9.398

W artykule zaprezentowano badania procesu szlifowania obwodowego płaszczyzn materiałów spełniające kryterium najmniejszej ścieralności które należą do grupy materiałów trudnoobrabialnych. Badano składowe siły procesu szlifowania bez udziału płynów chłodząco - smarujących, starano się zachować warunki w jakich pracują. Są to bardzo ekstremalne obszary o zmiennych właściwościach materiałów ścierających.

SŁOWA KLUCZOWE: szlifowanie, stale trudnoobrabialne, siły składowe

The article presents the research process peripheral grinding surfaces of materials that meet the criterion of the lowest attrition that belong to the group of difficult materials. Force components were tested grinding process without the participation of cooling fluids - lubricants, tried to keep the conditions in which they work. These are very extreme areas with varying properties abrasive materials.

KEYWORDS: grinding, abrasion resistant steels, components of force

Bardzo duża różnorodność materiałów wykorzystywana w górnictwie odkrywkowym musi mieć zróżnicowane właściwości użytkowe – odporność na ścieranie. Posiadać właściwy stopień bezpieczeństwa pracy jak również i ochrony środowiska. Z ważniejszych aspektów, które mają decydujący wpływ należy wymienić wytrzymałość i odporność na rozciąganie przy ekstremalnych temperaturach. Muszą one gwarantować bezproblemową obróbkę plastyczną zarówno na zimno jak i na gorąco z uwzględnieniem obróbki mechanicznej [1, 10]. Proces aerologicznego kształtowania warstw

wierzchnich ma decydujące znaczenie na końcowe efekty pracy stali stosowanych w tej dziedzinie gospodarki [4, 7]. W procesach obejmujących szlifowanie istotną sprawą jest zastosowanie płynów chłodząco – smarujących które mają za zadanie zmniejszenie tarcia, a tym samym i temperatury procesu [2, 3, 7].

Do parametrów opisujący odporność materiału na ścieranie należy uwzględnić, twardość materiału ścierającego T_o (HV) i twardość materiału ścieranego T_m (HV). Gdzie trwałość względną T_w [9, 10] jest opisana zależnością:

$$T_w = T_o - T_m \quad (1)$$

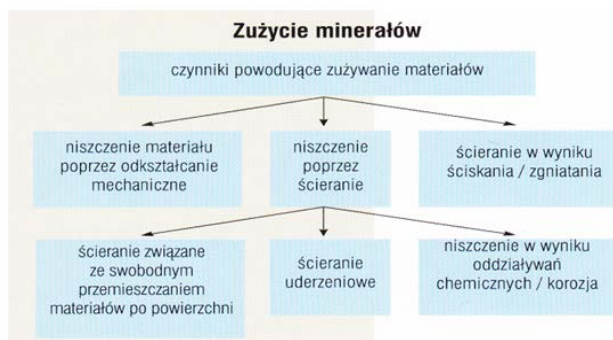
Odporność na ścieranie dla warunków rzeczywistych zależy od kilku czynników:

- sił które oddziałują na powierzchnię materiału ścieranego,
- prędkości oraz wielkości cząstek działających na powierzchnię materiału,
- kierunku działania do powierzchni materiału,
- % udziału poszczególnych składników stanowiących środowisko ścierne.

Oznacza to, że w przypadku parametru T_o trzeba uwzględnić sumę iloczynów procentowej zawartości poszczególnych składników występujących w strukturze materiału biorącego udział w procesie ścierania.

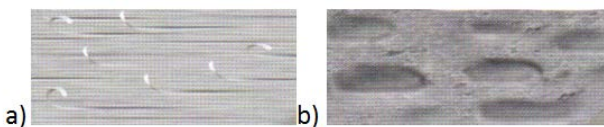
Niszczenie ścierne materiałów jest powodowane przez wiele czynników zarówno mechanicznych, wytrzymałościowych, chemicznych, na rysunku 1 starano się je uwzględnić [5, 8, 10].

* dr hab. inż. Ryszard Wójcik, prof. nadzw. PŁ (ryszard.wojcik@p.lodz.pl), dr inż. Radosław Rosik (radoslaw.rosik@p.lodz.pl), mgr inż. Przemysław Wejman (wejman.przemyslaw@gmail.com), mgr inż. Robert Walczak (rwalczak8@wp.pl)



Rys. 1. Czynniki powodujące zużywanie ścieranych materiałów [9, 10]

Procesy zużywania materiałów mogą być spowodowane poprzez deformację, wywołaną procesami skrawania, opisaną jako D - typ 1 (rys. 2a), oraz D - typ 2, związana z procesami płynięcia plastycznego (rys. 2b).



Rys. 2. Rodzaje deformacji powierzchni materiału podczas ścierania: a) D – typ – 1, D – typ -2

Z kolei żywotność względna Z_w jest to parametr, który określa odporność materiału ścieranego na deformacje powierzchniowe. Są one związane z oddziaływaniem materiału ściernego na warstwę wierzchnią (WW). Żywotność względna obejmuje zależność pomiędzy deformacjami poszczególnych typów.

Każda z prezentowanych deformacji wpływa na skrócenie żywotności względnej powierzchni. W zasadzie uwzględnia się odporność na: tarcie styczne, ścieranie uderzeniowe, ścieranie spowodowane ściskaniem. W tabeli 1 zestawiono procesy ścierania z odpowiednimi zapisami współczynników liczbowych oraz wskazaniem ich poziomu.

Tab. 1. Odporność na ścieranie [9, 10]

Tarcie styczne	Ścieranie uderzeniowe	Ścieranie spowodowane ściskaniem	Rodzaj odporności na ścieranie
$T_w > 1,8$ (D - typ 1)	$T_w > 1,2$ (D - typ 1)	$T_w > 1$ (D - typ 1)	Niska
$1,8 > T_w > 1,5$ (D - typ 1 i 2)	$1,2 > T_w > 0,8$ (D - typ 1 i 2)	$T_w \sim 1$ (D - typ 1 i 2)	Średnia
$T_w < 1,5$ (D - typ 2)	$T_w < 0,8$ (D - typ 2)	$T_w < 1$ (D - typ 2)	Wysoka

Stąd w zależności od składu materiału ściernego i jego udziałów procentowych poszczególnych frakcji przebieg i forma ścierania będzie inna. Dla przykładu przedstawiono procentowe zawartości składników typowych materiałów ściernych jakie są spotykane w różnych warunkach naturalnych występujących w górnictwie odkrywkowym:

- piasek – kwarc 50% - 98 %
- apatyt – kwarc 61%, korund 11%, wapień 6%
- bazalt – kwarc 40%, korund 11%, wapień 14%

W tabeli 2 zestawiono ich średnie twardości [HV], tylko wybranych materiałów.

Tab. 2. Twardość materiałów [9, 10]

Materiał	Średnia twardość [HV]
Fluoryt	150
Apatyt	360
Kwarc	1070
Korund	1860

Z pośród wielu materiałów odpornych na ścieranie wykorzystywanych w tej branży wybrano: XAR 400, Brinar 400 i Dillidur 500V. W tabeli 3 zaprezentowano skład chemiczny poszczególnych stali, na których przeprowadzono badania ścierania.

Tab. 3. Skład chemiczny badanych stali [7, 9,10]

Nazwa stali	Skład chemiczny %								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	B
XAR 400	0,2	0,8	1,5	0,02	0,02	1,0	0,5	-	0,01
Brinar 400	0,18	0,3	1,5	0,01	0,00	1,4	0,6	-	-
Dillidur 500V	0,3	0,3	1,8	0,03	0,01	1,5	0,5	1,0	0,01

Tab. 4. Właściwości mechaniczne badanych stali [9, 10]

Nazwa stali	Nr Stali	R_e [MPa]	R_m [MPa]	A%	HB
XAR 400	1.8714	1050	1250	12	360-440
Brinar 400	1.8715	1100	1300	12	340-440
Dillidur 500V	1.8721	1300	1650	8	450-530

Przygotowanie do badań

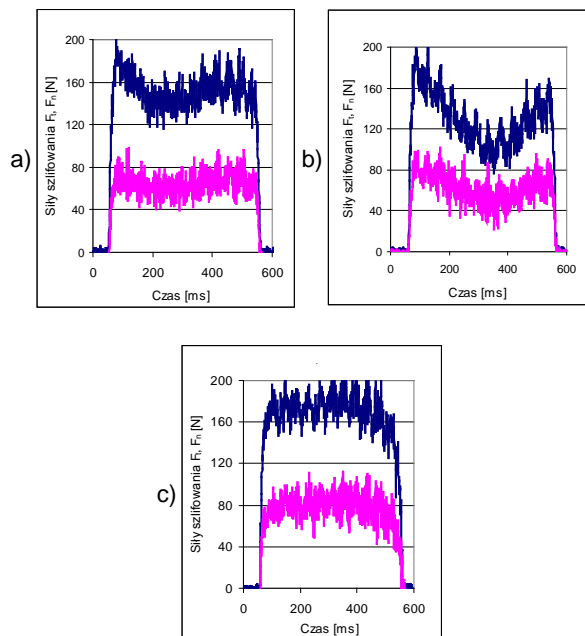
Proces szlifowania obwodowego płaszczyzn przeprowadzono na szlifierce do płaszczyzn SPD – 30b, wykorzystano próbki materiałów XAR 400, Brinar 400 i Dillidur 500V o wymiarach 10x30x100 mm w stanie nieutwardzonym, najczęściej tak są wykorzystywane w rzeczywistych warunkach. Proces szlifowania realizowano w następujący sposób, w formie szlifowania obwodowego jednoprzęciowego, aby w oparciu o przebieg sił składowych określić wpływ nadatku szlifierskiego na poziom składowych sił skrawania.

Badania zrealizowano z następującymi parametrami: $v_w = 0,2$ m/s, $v_s = 25$ m/s, $a_{e1} = 0,01$ mm oraz $a_{e2} = 0,02$ mm. Proces szlifowania przeprowadzono z udziałem ściernicy 01 350x32x127 2NQ 60J VS3, bez udziału płynu chłodzącego - smarującego

W badaniach skorzystano z siłomierz typu 5019A firmy Kistler, mierzono siły składowych: styczną siły szlifowania F_t oraz normalną F_n . Sygnał z siłomierza był kierowany poprzez wzmacniacz typu 5011A do modułu akwizycji danych pomiarowych typu kusb-3108 firmy Keithley (USA) i przetwarzany w oprogramowaniu quick DAQ.

Wyniki badań

Wyniki badań zaprezentowano na rysunku 3, przedstawiono kolejno badania stali Brinar 400 (rys. 3a), Dillidur 500V (rys. 3b), XAR 400 (rys. 3.c). Parametry procesu szlifowania, podane wcześniej, dla naddatku $a_e = 0,02$ mm. W przypadku dwóch pierwszych materiałów nie uzyskano stabilności procesu szlifowania. Na wejściu w materiał uzyskano wzrost sił składowych, w centralnej części długości próbek nastąpił spadek tej siły, większy osiągnięto dla materiału Dillidur 500V (rys. 3b).



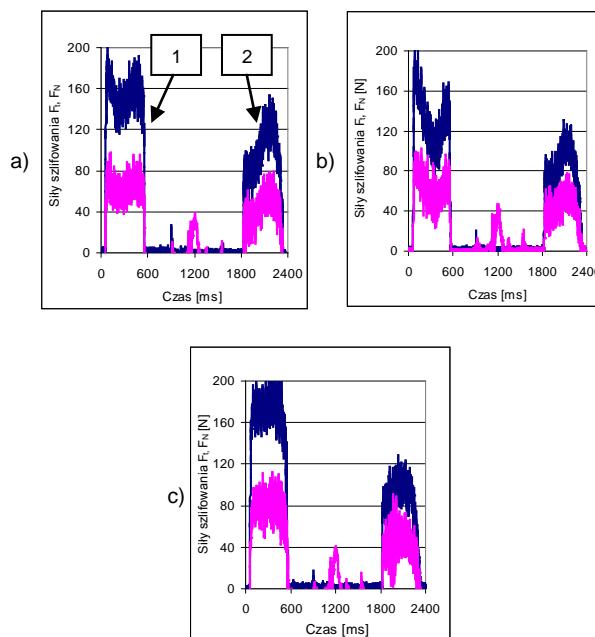
Rys. 3. Siły składowe szlifowania powierzchni płaskich, podczas jednorzeczyściowego szlifowania przeciwbieżnego: a) Brinar 400, b) Dillidur 500V, c) XAR 400

Na rysunku 4 zestawiono procesy szlifowania obwodowego wgłębnego trzech stali ale dla głębokości $a_e = 0,01$ mm pozostałe parametry takie same jak w poprzednich próbach.

Dla wszystkich badanych materiałów otrzymano znacznie mniejsze składowe siły szlifowania - spadek wyniósł około 50 % dla głębokości $a_e = 0,01$ mm. Aby uzyskać możliwość dokładnej analizy, składowe siły skrawania zestawiono na wspólnym wykresie. Średnie wartości składowych sił na całej długości szlifowanej próbki dla materiałów: XAR 400 (rys.4c), Brinar 400 (rys.4a) oraz Dillidur 500V (rys.4b) przedstawiono w tabeli 5. Większe siły uzyskano dla materiału Brinar 400. Dla wszystkich obrabianych materiałów maksymalny poziom sił osiągnięto w środkowej części próbki.

Tab. 5 Średnie wartości składowych sił

Nazwa stali	Średnia wartość składowej siły F_n	Średnia wartość składowej siły F_t
XAR 400	120 N	80 N
Brinar 400	154 N	80 N
Dillidur 500V	120 N	76 N



Rys. 4. Siły składowe szlifowania powierzchni płaskich w procesie szlifowania przeciw (1) i współbieżnego (2): a) Brinar 400, b) Dillidur 500V, c) XAR 400

Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań które obejmowały proces szlifowania bez udziału płynów chłodząco – smarujących ściernicą Quantum po obserwacji pod mikroskopem nie stwierdzono uszkodzeń warstwy wierzchniej w postaci przypaleń, mikropęknięć dla stosownych parametrów procesu szlifowania zwłaszcza dla badanych naddatków. W przypadku procesu szlifowania obwodowego powierzchni płaskich znacznie mniejsze składowe siły uzyskano podczas szlifowania z mniejszymi naddatkami co jest zrozumiałe. Oznacza to mniejsze oddziaływanie ciepła jakie jest tworzona w procesie szlifowania materiałów trudnościeralnych. Może być to również związane z faktem że ściernica usuwa znacznie mniejsze naddatki niż te, które zostały zadane. Dalsze badania będą obejmowały procesy szlifowania z udziałem płynów chłodząco - smarujących metodą zalewową. Porównane zostaną z procesem szlifowania z udziałem PCS podawanych w strefę skrawania z minimalnym wydatkiem.

LITERATURA

- Burakowski T., Napadłek W., Zarządzanie technologiami areologicznymi. Zarządzanie Technologią (pod redakcją T. Zaborowskiego), 6-14, Gorzów Wielkopolski – Poznań, 2014.
- Wójcik R., Górecki G., Modyfikacje ściernic do szlifowania w środowisku mgły olejowej. XXXII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, 63-70, Koszalin – Darłowo, 2009.
- Ocoś K. E., Doskonalenie techniki szlifowania. Część II. Mechanik, 10, 2005.
- Plichta J., Kierunki rozwoju procesów szlifowania. Prace Naukowe Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji, Politechnika Wroclawska, 1997.
- Borkowski J., Zużycie i trwałość ściernic. PWN, Warszawa 1990.
- Wójcik R., Nowe media i sposoby doprowadzenia do strefy szlifowania, Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji, 28/4, 137-145, 2008.
- <http://www.htk.com.pl>
- <http://universal-stal.pl>
- <http://www.ims-stalserwis.pl>
- <http://unionstal.pl>