

Wpływ metody pomiaru na wielkość ładunków elektrostatycznych w czasie szlifowania drewna sosnowego

Effect of method of measuring on size of electrostatic charge and grinding efficiency of a pinewood

STANISŁAW PŁONKA
PIOTR ZYZAK*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.10.162>

W artykule przedstawiono zmodernizowane stanowisko do pomiaru ładunków elektrostatycznych powstających w czasie szlifowania drewna. Wielkość ładunków określano przez pomiar napięcia w funkcji czasu $U = f(t)$. Badano wpływ metody pomiaru na wartość napięcia podczas szlifowania próbek z drewna sosnowego, z użyciem dwóch rodzajów papierów ściernych – zwykłego PS 18E i antystatycznego PS 15F, przy stałym nacisku powierzchniowym $p = 4,54$ kPa i zmiennej prędkości szlifowania v_c w zakresie od 12,1 do 24,2 m/s. Stwierdzono, że metoda pomiaru ładunków elektrostatycznych przez rejestrację napięcia w funkcji czasu $U = f(t)$ ma istotny wpływ przede wszystkim na znak ładunków oraz powtarzalność uzyskiwanych przebiegów napięcia w czasie szlifowania.

SŁOWA KLUCZOWE: szlifowanie, papiery ścierne, metody pomiaru ładunków elektrostatycznych

In the paper is presented a station to measurement of electrostatic charge generated during grinding operation of pinewood. Size of the charge was determined in course of measurement of voltage in function of time. It has been investigated an effect of two types of abrasive papers: general-purpose paper of PS 18E brand and antistatic one of PS 15F brand on value of the voltage during grinding operation, and weight efficiency of a specimens made from the pinewood, at constant pressure equal to $p = 4,54$ kPa and variable grinding speed v_c in range from 12,1 to 24,2 m/s. It was found that the method of measuring electrostatic charges by recording voltage in the time function $U = f(t)$ has a significant effect primarily on the sign of arising charges and the repeatability of the obtained voltage waveforms during grinding.

KEYWORDS: grinding, abrasive papers, methods of measuring electrostatic charges

W praktyce przemysłowej procesy obróbki ścierniej mogą być realizowane za pomocą różnego rodzaju narzędzi ściernych. W zależności od ich rodzaju rozróżnia się dwie podstawowe grupy obróbki ścierniej: spojonym ścierniwiem i luźnym ścierniwiem. Obróbka ścierna spojonym ścierniwiem obejmuje: szlifowanie ściernicami, gładzenie, dogładzanie oscylacyjne oraz szlifowanie taśmowe, tj. szlifowanie papierami i płótnami ściernymi [1, 3, 6, 7, 9].

Do perspektywicznych sposobów obróbki ścierniej należy zaliczyć obróbkę narzędziami ściernymi nasypowymi na podłożach elastycznych, a przede wszystkim obróbkę papierami i taśmami ściernymi oraz tarczami listkowymi.

Wśród metod obróbki wykończeniowej i powierzchniowej drewna szlifowanie narzędziami ściernymi nasypowymi ma szczególne znaczenie – niemal 100% operacji wykonuje się właśnie tymi narzędziami. Takie szlifowanie służy zarówno do likwidacji błędów kształtu i wymiarów, jak i do poprawy jakości powierzchni bądź przygotowania jej do dalszych etapów produkcyjnych, np. fornirowania, lakierowania czy drukowania [9].

Dążenie do zwiększania wydajności obróbki i polepszenia jakości obrabianych przedmiotów spowodowało opracowanie i wytwarzanie nowych odmian narzędzi ściernych nasypowych, w tym m.in. płócien i papierów ściernych antystatycznych [5, 8–10, 12]. Narzędzia te pozwalają na zredukowanie, a nawet niemal całkowite wyeliminowanie zjawiska powstawania ładunków elektrostatycznych na powierzchni czynnej płócien i papierów ściernych – PCPS [4].

Niniejszy artykuł jest kontynuacją badań omówionych w pracy [8], a jego celem jest ocena metody pomiaru wielkości ładunków elektrostatycznych, powstających w czasie szlifowania drewna sosnowego papierami ściernymi (zwykłym i antystatycznym), pod względem znaku i powtarzalności uzyskiwanych przebiegów napięcia.

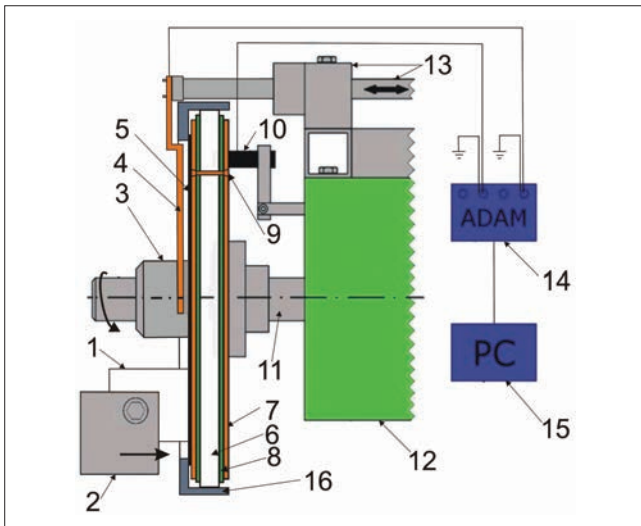
Metodyka pomiarów ładunków elektrostatycznych

Szlifowaniu towarzyszy tarcie i podwyższona temperatura, co sprzyja powstawaniu ładunków elektrostatycznych. Jeżeli te ładunki nie są odprowadzane przez uziemienie, wtedy następuje elektrostatyczne naładowanie PCPS, a także szlifowanego przedmiotu i drobnych wiórów obrabianego materiału. Efektem tego naładowania jest magnetyczne przywieranie pyłu do obrabianego przedmiotu, papieru ściernego oraz obrabiarki [2, 11]. Dzięki zastosowaniu papierów ściernych antystatycznych, które w składzie warstwy podkładu lub spoiwa zawierają specjalne środki wiążące w postaci włókien węglowych, grafitu i sadzy, można odprowadzać powstające ładunki elektrostatyczne.

Badania procesu powstawania ładunków elektrostatycznych w czasie szlifowania próbek drewna sosnowego papierami ściernymi przeprowadzono na specjalnym stanowisku zbudowanym na bazie szlifierki NUA-25 (rys. 1).

Stosowano różne rozwiązania konstrukcyjne elementów do przechwytywania ładunków elektrostatycznych powstających na PCPS: szczotkę grafitowo-miedzianą (element 10 na rys. 1) oraz płaską blachę z miedzi (element 4 na rys. 2), oddaloną od powierzchni czynnej papieru ściernego o 1 mm. Wartości ładunków były na zbliżonym poziomie, natomiast zaobserwowano różnice w znaku powstających ładunków elektrostatycznych.

* Prof. dr hab. inż. Stanisław Płonka (splonka@ath.bielsko.pl), dr inż. Piotr Zyzak (pzyzak@ath.bielsko.pl) – Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej



Rys. 1. Stanowisko do pomiaru ładunków elektrostatycznych: 1 – próbka drewna, 2 – mocowanie próbki, 3 – nakrętka, 4 – element z miedzi do przechwytywania ładunków z przodu papieru ściernego, 5 – krążek papieru ściernego, 6 – tarcza do mocowania papieru, 7 – przewodząca ładunki okładzina z miedzi, 8 – warstwa izolująca, 9 – kolek z miedzi (połączenie elektryczne), 10 – szczotka grafitowo-miedziana, 11 – wrzeciono szlifierko-ostrzarki, 12 – korpus szlifierko-ostrzarki, 13 – układ prowadzący element do przechwytywania ładunków, 14 – moduł pomiarowy ADAM 4118, 15 – komputer PC, 16 – tarcza do mocowania papieru

Papiery ściernie zwykłe PS 18E i antystatyczne PS 15F firmy KLINGSPOR miały formę krążków o wymiarach $\varnothing 140 \times \varnothing 35$ mm. Właściwości papierów ściernych przedstawiono w tablicy.

TABLICA. Charakterystyka papierów ściernych użytych w badaniach [8]

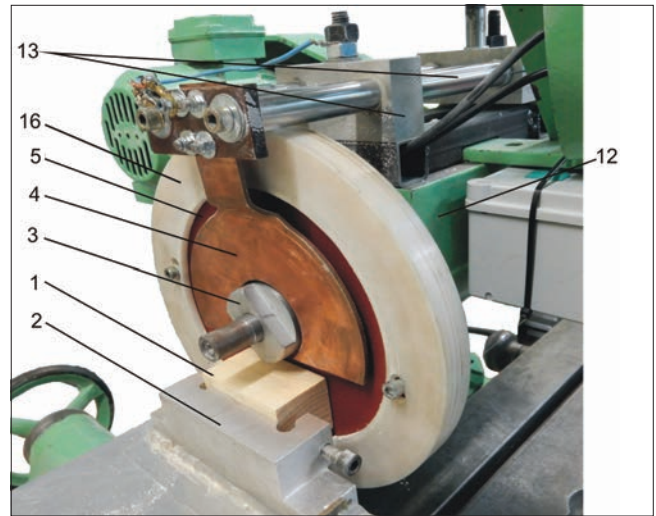
Symbol	Charakterystyka i forma
PS 18E 120	Specjalistyczny wyrób do szlifowania maszynowego drewna miękkiego z dużą zawartością żywicy na podłożu E, spoiwo podkładowe i zalewowe: żywica, ziarno: elektrokorund szlachetny 99A, nasyp otwarty
	Krążek ścierny, średnica zewnętrzna 140 mm, średnica otworu 35 mm, liczba sztuk 100
PS 15F 120	Wysoko wydajny, specjalistyczny wyrób o właściwościach antystatycznych do szlifowania maszynowego drewna miękkiego silnie zażywiczonego, na podłożu F, spoiwo podkładowe i zalewowe: żywica z dodatkiem 5% sadzy, ziarno: elektrokorund szlachetny 99A, nasyp otwarty
	Krążek ścierny, średnica zewnętrzna 140 mm, średnica otworu 35 mm, liczba sztuk 100

Krążki papierów ściernych zwykłych i antystatycznych poddano badaniom oporności – zarówno od strony nasypu, jak i podłoża [2, 11] – za pomocą megaomometru CHY M-1000V. Rezystancja papieru ściernego antystatycznego od strony nasypu wyniosła $100 \div 200$ M Ω , a od strony podłoża – $20 \div 30$ M Ω . W przypadku papieru ściernego zwykłego rezystancja od strony nasypu i od strony podłoża przekraczała 2000 M Ω .

Na potrzeby badań przygotowano 200 próbek drewna sosnowego o wymiarach $30 \times 30 \times 72$ mm. Każdą próbkę poddano trzem pomiarom wilgotności drewna za pomocą wilgotnościomierza VOLTCRAFT FM-300 z automatyczną kompensacją temperatury. Następnie obliczono średnią arytmetyczną z pomiarów i dokonano selekcji próbek. Operację szlifowania przeprowadzono na tych próbkach, których wilgotność mieściła się w przedziale $7,5 \div 8,5\%$.

Wielkość ładunków elektrostatycznych określano poprzez pomiar wartości napięcia (różnicy potencjałów) w funkcji czasu $U = f(t)$ podczas szlifowania próbek papie-

rem ściernym zwykłym i antystatycznym, przy stałym nacisku powierzchniowym $p = 4,54$ kPa i zmiennej prędkości szlifowania v_c z przedziału od 12,1 do 24,2 m/s. Wartość generowanego napięcia w funkcji czasu rejestrowano na monitorze komputera w postaci wykresów $U = f(t)$.



Rys. 2. Pomiar ładunków elektrostatycznych za pomocą odpowiednio ukształtowanej blachy z miedzi: 1 – próbka drewna, 2 – mocowanie próbki, 3 – nakrętka, 4 – element z miedzi do przechwytywania ładunków z przodu papieru ściernego, 5 – krążek papieru ściernego, 12 – korpus szlifierko-ostrzarki, 13 – układ prowadzący element do przechwytywania ładunków, 16 – tarcza do mocowania papieru

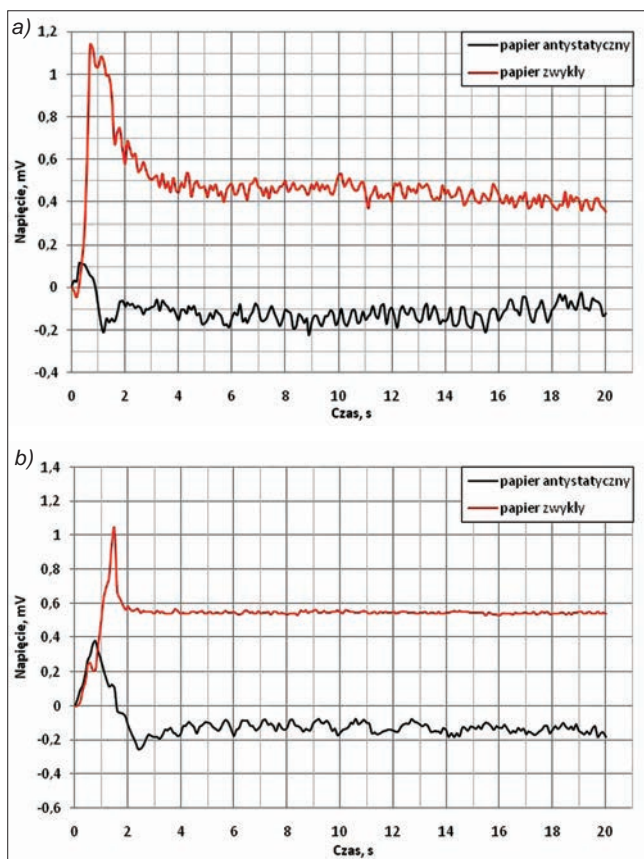
Do akwizycji danych pomiarowych podczas badań wykorzystano moduł pomiarowy z serii ADAM 4118. Umożliwia on rejestrację i wizualizację przebiegów sygnałów analogowych w funkcji czasu oraz komunikację z komputerem klasy PC za pomocą magistrali RS 485. Elementem pośredniczącym jest mikroprocesorowy konwerter ATC 820 zainstalowany w systemie Windows jako port szeregowy COM. Moduł pomiarowy ADAM 4118 pozwala na pomiar temperatury w zakresie od -50°C do 1300°C oraz pomiar napięcia (różnicy potencjału). Krok dyskretyzacji nastawiono programowo na 0,1 s.

Wyniki pomiarów ładunków elektrostatycznych

Pomiar ładunków elektrostatycznych z zastosowaniem szczotki grafitowo-miedzianej wykazał, że w większości przypadków (ok. 75%) podczas szlifowania próbek z drewna sosnowego papierami ściernymi zwykłymi PS 18E wartości napięcia w przedziale czasowym od 0,5 do 20 s są dodatnie. Maksymalne wartości napięcia występują najczęściej po upływie $1 \div 1,5$ s od rozpoczęcia szlifowania i na ogół wynoszą od $U = 0,9$ mV do $U = 1,9$ mV. Następnie napięcie gwałtownie maleje do ok. $U = 0,5$ mV, a nawet $U = 0,2$ mV.

Z kolei w trakcie szlifowania drewna sosnowego papierami ściernymi antystatycznymi PS 15F wartości napięcia w przedziale czasowym od 1,5 do 20 s są ujemne. Po upływie ok. 2 s wartości napięcia najczęściej oscylują od wartości najmniejszej $U = -0,2$ mV do wartości bliskiej zeru. Największe wartości napięcia – od $U = -0,6$ mV do $U = -0,1$ mV – występują zazwyczaj po upływie $1 \div 2$ s.

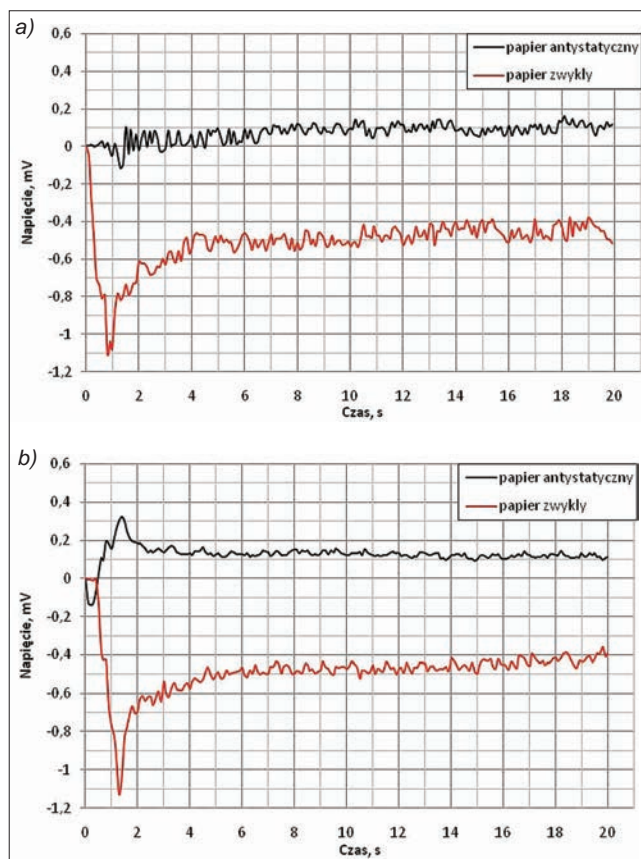
Przykładowe wykresy napięcia w funkcji czasu $U = f(t)$ – zmierzonego z zastosowaniem szczotki grafitowo-miedzianej – na powierzchni papieru ściernego zwykłego i antystatycznego w trakcie szlifowania próbek przedstawiono na rys. 3. Jak widać, przebiegi napięcia pokazane na rys. 3b są bardziej stabilne.



Rys. 3. Przebiegi czasowe napięcia generowanego na powierzchni papieru ściernego zwykłego i antystatycznego podczas szlifowania próbek z drewna sosnowego, uzyskane z zastosowaniem szczotki grafitowo-miedzianej: a) przebieg mniej stabilny, b) przebieg stabilny

Na podstawie pomiaru ładunków elektrostatycznych z zastosowaniem blachy z miedzi od strony nasypu papieru ściernego stwierdzono, że w ok. 55% przypadków podczas szlifowania próbek z drewna sosnowego papierami ściernymi zwykłymi PS 18E wartości napięcia w przedziale czasowym od 0,5 do 20 s są ujemne. Największe wartości napięcia – od $U = -1,12$ mV do $U = -0,8$ mV – na ogół występują w przedziale czasowym 0,8÷1,5 s. Po upływie ok. 3÷4 s najczęściej następuje stabilizacja napięcia w przedziale wartości od $U = -0,6$ do $U = -0,4$ mV. W trakcie szlifowania próbek papierami ściernymi antystatycznymi PS 15F napięcie w badanym przedziale czasowym jest prawie zawsze dodatnie i osiąga wartości od zera do ok. 0,45 mV. Największe wartości napięcia – od $U = 0,15$ mV do $U = 0,45$ mV – występują zazwyczaj w przedziale czasowym od 0,8 do ok. 2 s. Po upływie ok. 2 do 4 s następuje stabilizacja napięcia – najczęściej na poziomie od 0,1 do 0,2 mV. Przykładowe wykresy napięcia w funkcji czasu $U = f(t)$ – mierzonego z zastosowaniem blachy miedzianej – na powierzchni papieru ściernego zwykłego i antystatycznego podczas szlifowania próbek przedstawiono na rys. 4. Przebiegi pokazane na rys. 4b są bardziej stabilne.

Wykresy $U = f(t)$ zdejmowane z zastosowaniem blachy z miedzi charakteryzują się wyraźnie mniejszą powtarzalnością wartości napięcia (wartości ładunków elektrostatycznych) w stosunku do wartości napięcia mierzonego za pomocą szczotki grafitowo-miedzianej. Można zatem stwierdzić, że wartości napięcia zdejmowane za pomocą blachy z miedzi są mniej stabilne i bardziej podatne na różnego rodzaju zakłócenia. Właśnie dlatego w dalszych badaniach postanowiono stosować do pomiaru napięcia szczotkę grafitowo-miedzianą.

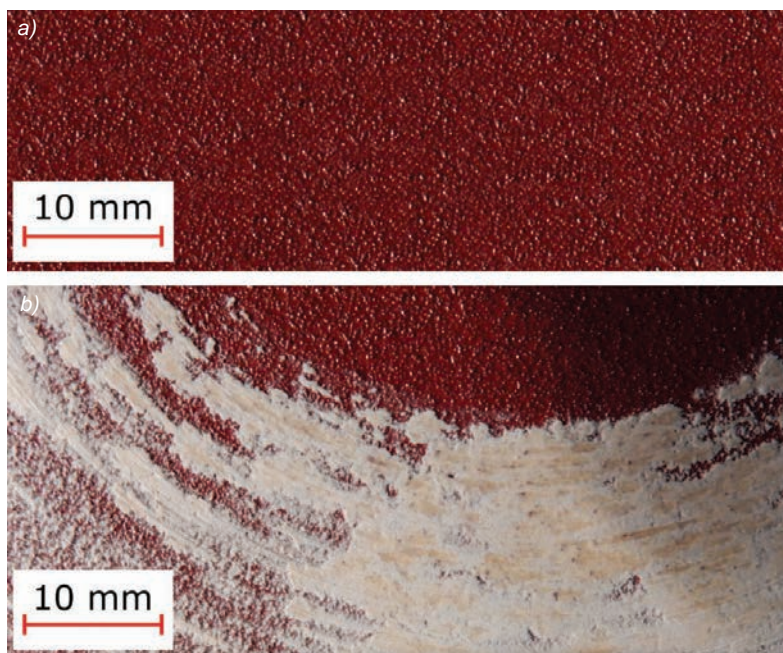


Rys. 4. Przebiegi czasowe napięcia generowanego na powierzchni papieru ściernego zwykłego i antystatycznego podczas szlifowania próbek z drewna sosnowego, uzyskane z zastosowaniem blachy z miedzi: a) przebieg mniej stabilny, b) przebieg stabilny

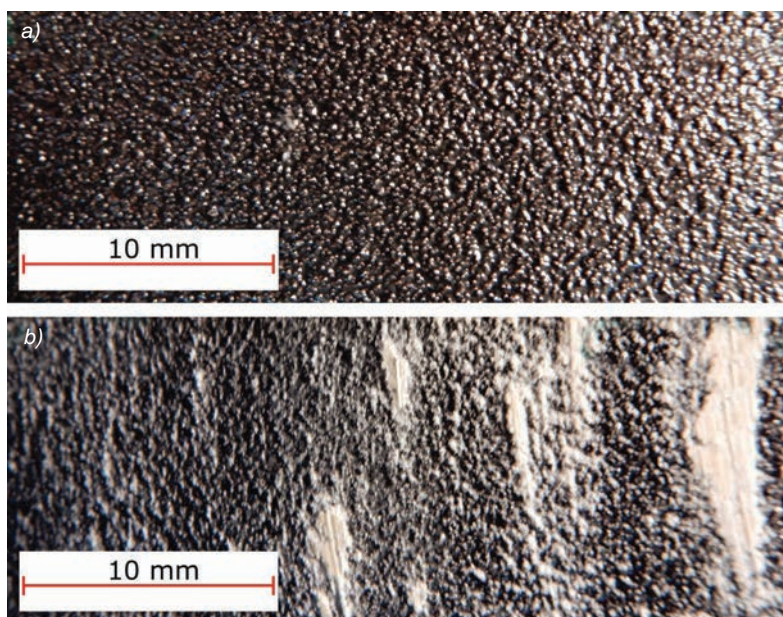
Ocena stopnia zalepiania papierów ściernych

Zjawisko powstawania ładunków elektrostatycznych jest bardzo niepożądane, ponieważ skutkuje dużo szybszym zalepianiem przestrzeni między ziarnami powierzchni czynnej papieru ściernego drobinami drewna. Zalepianie PCPS zostaje spotęgowane w efekcie powstawania różnoimiennych ładunków pyłu szlifierskiego. Próby oceny stopnia zalepiania PCPS przez pomiar – w tych samych warunkach otoczenia – masy koperty papierowej, a następnie masy koperty razem z krążkiem papieru ściernego przed szlifowaniem oraz po szlifowaniu próbki drewna, a także metodą analizy obrazów SEM [8, 10], nie dały jednoznacznych wyników. Można to tłumaczyć m.in. tym, że po odsunięciu próbki drewna od PCPS, tj. po zaprzestaniu zabiegu szlifowania, natychmiast przestają być generowane ładunki elektrostatyczne, a ładunki powstałe wcześniej są odprowadzane do korpusu maszyny. W rezultacie część drobin drewna i pyłu odpada od PCPS od razu. Jedynie w przypadku szlifowania próbek drewna z zawartością pewnej ilości żywicy za pomocą papieru ściernego antystatycznego można zauważyć wyraźne osłabienie tego zjawiska.

Fotografie powierzchni czynnej papieru ściernego zwykłego PS 18E przed operacją szlifowania i po szlifowaniu próbki z drewna sosnowego przez ok. 30 s przedstawiono na rys. 5. Na rys. 6 pokazano natomiast obrazy powierzchni czynnej papieru ściernego antystatycznego PS 15F przed operacją szlifowania oraz po niej. Jak widać, zalepianie powierzchni czynnej papieru ściernego zwykłego – żywicą i drobnymi cząsteczkami drewna – jest znacznie bardziej intensywne w porównaniu z papierem ściernym antystatycznym, mimo zastosowania tych



Rys. 5. Powierzchnia czynna papieru ściernego zwykłego PS 18E 120: a) przed szlifowaniem, b) po szlifowaniu drewna sosnowego z parametrami $p = 4,54$ kPa i $v_c = 12,1 \pm 24,2$ m/s (widoczne zalepienie powierzchni czynnej żywicą oraz drobinami drewna)



Rys. 6. Powierzchnia czynna papieru ściernego antystatycznego PS 15F 120: a) przed szlifowaniem, b) po szlifowaniu drewna sosnowego z parametrami $p = 4,54$ kPa i $v_c = 12,1 \pm 24,2$ m/s (widoczne zalepienie powierzchni czynnej żywicą oraz drobinami drewna)

samych warunków szlifowania (tj. nacisku powierzchniowego i prędkości obwodowej).

Należy to tłumaczyć tym, że wartość generowanego napięcia (i tym samym ładunków elektrostatycznych) w czasie szlifowania próbek drewna sosnowego papierem ściernym zwykłym jest ok. 4÷6 razy większa niż podczas procesu szlifowania papierem ściernym antystatycznym. Również rezystancja papieru ściernego zwykłego od strony podłoża jest od ok. 67 do ponad 200 razy większa od rezystancji papieru ściernego antystatycznego, co znacznie utrudnia odprowadzenie ładunków elektrostatycznych do korpusu szlifierki. W konsekwencji przestrzenie między ziarnami papieru ściernego zwykłego pozostają bardziej wypełnione drobinami drewna i pyłu oraz żywicy.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań szlifowania drewna sosnowego papierami ściernymi – zwykłym PS 18E i antystatycznym PS 15F – stwierdzono, że:

- metoda pomiaru ładunków elektrostatycznych poprzez rejestrację napięcia w funkcji czasu $U = f(t)$ ma istotny wpływ przede wszystkim na znak powstających ładunków oraz powtarzalność przebiegów napięcia w czasie szlifowania;
- metoda pomiaru ładunków elektrostatycznych za pomocą szczotki grafitowo-miedzianej daje znacznie lepszą powtarzalność przebiegów napięcia w czasie szlifowania;
- wartość generowanego maksymalnego napięcia w trakcie szlifowania drewna papierami ściernymi zwykłymi jest na ogół kilka razy większa w porównaniu z napięciem generowanym podczas szlifowania papierami ściernymi antystatycznymi, a powstające ładunki elektrostatyczne są przeciwnych znaków;
- rezystancja papierów ściernych antystatycznych od strony nasypu jest co najmniej kilkanaście, a od strony podłoża – kilkadziesiąt razy mniejsza w stosunku do rezystancji papierów ściernych zwykłych.

Znacznie mniej intensywne zalepienie powierzchni czynnej papieru ściernego żywicą i drobinami drewna podczas szlifowania papierami ściernymi antystatycznymi należy tłumaczyć generowaniem ładunków elektrostatycznych przeciwnego znaku i o kilkakrotnie mniejszej wartości, jak również wielokrotnie mniejszą rezystancją papieru (zarówno od strony nasypu, jak i podłoża), przez co ładunki są odprowadzane do korpusu szlifierki w znacznie krótszym czasie.

LITERATURA

1. Feld M., Szpunar A. „Szlifowanie materiałów konstrukcyjnych taśmami ściernymi”. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1977.
2. Gajewski A. „Procesy i technologie elektrostatyczne”. Warszawa: PWN, 2000.
3. Kaczmarek J. „Podstawy obróbki wiórowej, ściernej i erozyjnej”. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1970.
4. Koziarski A. „Czynna powierzchnia ściernicy. Metody badań makro- i mikrogeometrii”. Monografie. Politechnika Łódzka, 1996.
5. Materiały informacyjne firmy KLINGSPOR.
6. Oczko K.E. „Szlifowanie taśmą ścierną materiałów metalowych i niemetalowych”. *Mechanik*. 65, 10 (1992).
7. Oczko K.E., Porzycki J. „Szlifowanie. Podstawy i technika”. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1986.
8. Płonka S., Zyzak P. „Wpływ rodzaju papieru ściernego na wielkość ładunków elektrostatycznych i wydajność szlifowania drewna sosnowego”. *Mechanik*. 89, 8–9 (2016): s. 1072–1073.
9. Pszczółowski W., Rosienkiewicz P. „Obróbka ścierna narzędziami nasypowymi”. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1995.
10. Szadkowski J., Płonka S., Kula K., Morończyk A. „Wpływ ładunków elektrostatycznych na szlifowanie drewna narzędziami nasypowymi”. *Zbiór prac VI Konferencji Naukowo-Technicznej „Kształtowanie Materiałów Niemetalowych”*, Zakopane: 2001.
11. PN-92/E-05203 Ochrona przed elektrycznością statyczną. Materiały i wyroby stosowane w obiektach oraz strefach zagrożonych wybuchem. Metody badań oporu właściwego oraz upływu.
12. www.abrasives.pl (dostęp: 12.03.2018 r.).