

Sposoby impregnacji narzędzi ściernych ze spoiwem ceramicznym z użyciem stałych środków smarnych

Vitrified grinding wheels impregnation methods with use solid lubricants

MICHAŁ WOJTEWICZ
WALERY SIENICKI
KRZYSZTOF NADOLNY*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.271

Prezentowano sposoby modyfikacji narzędzi ściernych ze spoiwem ceramicznym przez wprowadzenie do ich objętości substancji smarnych w postaci grafitu i disiarczku molibdenu jako impregnatu. Zbadano możliwości kontroli ilości wprowadzonego impregnatu dla różnych typów ściernic.

SŁOWA KLUCZOWE: impregnacja, stały smar, ściernice ze spoiwem ceramicznym

In the paper different kinds of vitrified grinding wheels modification methods in the process of treatment with solid lubricants (graphite and molybdenum disulphide) were presented. The possibilities of controlling the quantity of solid lubricant in the various kinds of grinding wheels were investigated.

KEYWORDS: impregnation process, solid lubricants, vitrified grinding wheels

Coraz trudniejsze zadania, jakim muszą sprostać współczesne narzędzia ściernic do obróbki stali wysokogatunkowych, wymuszają stałe udoskonalanie i poszukiwania coraz doskonalszych materiałów ściernych. Na stabilność procesu szlifowania oraz powstawanie defektów szlifierskich w warstwie wierzchniej przedmiotów obrabianych decydujący wpływ ma temperatura w strefie szlifowania [1]. Na efekt obróbki ściernic w dużym stopniu mogą też wpływać substancje celowo wprowadzane do strefy obróbki, np. substancje w postaci stałych smarów lub środków antyadhezyjnych takich jak: grafit, disiarek molibdenu (MoS_2) czy heksagonalny azotek boru (hBN). Sproszkowany stały smar można wprowadzić do czynnej powierzchni ściernicy (CPS) jako zawiesinę lub w postaci pasty wraz z płynem chłodząco-smarującym (PCS) przez specjalne dysze [2, 3]. Substancje te mogą być również wprowadzane do narzędzi ściernych – w postaci wypełniaczy będących integralnymi składnikami narzędzia ściernego, niebędących ziarnami ściernymi ani spoiwem [4, 5]. Opisaną modyfikację najczęściej stosuje się w produkcji ściernic ze spoiwem żywicznym, ponieważ temperatura sieciowania spoiwa jest stosunkowo niewielka (ok. $200\div 250^\circ\text{C}$) – nie ma wówczas zagrożenia rozkładem termicznym wypełniacza. W przypadku ściernic o spoiwie ceramicznym taki zabieg jest utrudniony, ponieważ temperatura ich spiekania sięga 1200°C i istnieje ryzyko rozkładu substancji smarnych i/lub antyadhezyjnych już podczas spiekania. W takich sytuacjach stosuje się impregnację ściernic.

Impregnacja ściernicy to proces polegający na wprowadzeniu w CPS lub w przestrzeni międzyziarnowej gotowego narzędzia ściernego dodatkowych substancji, które najczęściej mają za zadanie obniżyć wytrzymałość powierzchni obrabianej. Jako impregnaty wykorzystuje się również substancje, które obniżają temperaturę w strefie skrawania ściernego (zmniejszają tarcie pomiędzy mate-

riałem ściernym i materiałem obrabianym przez filmy smarujące i/lub przebieg reakcji endotermicznych), a także zapobiegają adhezji wiórów do CPS. Do procesu impregnacji najczęściej wybiera się substancje nieorganiczne lub mieszane [6–8].

Metody impregnacji narzędzi ściernych

W branży obróbki stali wysokogatunkowych, przy produkcji łożysk tocznych i w przemyśle metalurgicznym do szlifowania metali nieżelaznych stosuje się impregnację siarką, miedzią, parafiną, woskiem, disiarczkiem molibdenu, kalafonią i innymi substancjami [6–13]. Producenci narzędzi ściernych mają w swojej ofercie ściernice impregnowane. Jedną z łatwiejszych, stosowanych w przemyśle metod ingerencji w budowę narzędzi ściernych jest ich impregnowanie przez bezpośrednie wprowadzenie stopionego impregnatu w pory ściernicy. Po samoczynnym ostygnięciu impregnatu ściernica może zostać użyta jako narzędzie ściernic. Najpopularniejsze ściernice impregnowane siarką, parafiną czy woskiem mają dwie zasadnicze wady:

- impregnat wypełnia wszystkie przestrzenie międzyziarnowe ściernicy, przez co narzędzie traci zdolność transportowania PCS do strefy szlifowania i usuwania produktów procesu,
- aparatura do impregnacji ściernic jest skomplikowana i niewygodna w eksploatacji [7, 8].

We wcześniejszych publikacjach [9, 10] autorzy zaproponowali metodę, która rozwiązuje problem pierwszy. Polega ona na częściowym odwirowaniu płynnego impregnatu, przez co nie dochodzi do wypełnienia nim wszystkich przestrzeni międzyziarnowych. To rozwiązanie przysparza jednak problemów związanych z procesem odwirowywania, w tym z koniecznością ciągłego kontrolowania temperatury podczas jego przebiegu, ponieważ istnieje możliwość zapłonu samego impregnatu (siarki, parafiny). Wspomniane problemy skłoniły autorów do opracowania innej, bardziej uniwersalnej metody impregnacji ceramicznych narzędzi ściernych, możliwą do stosowania nie tylko przez producentów narzędzi, lecz także przez ich użytkowników, którzy mogliby dostosowywać skład impregnatu do bieżących potrzeb technologicznych.

Impregnacja ściernic

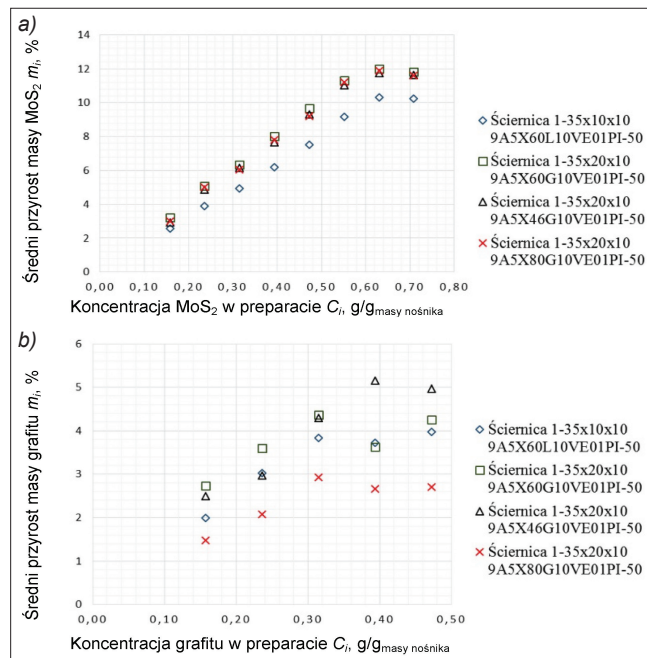
Zaproponowany sposób modyfikacji ceramicznych narzędzi ściernych przez wprowadzenie w strukturę ściernicy dodatkowej substancji w postaci stałego smaru polega na tym, że narzędzie ściernic nasącza się przez zanurzenie w przygotowanej zawieszynie: grafitu, MoS_2 , hBN i innych proszków (faza rozproszona). Fazą rozpraszającą może być rozpuszczalnik organiczny z niewielką ilością lakieru (aby zapewnić lepsze trzymanie impregnatu w ściernicy). Efektem jest wytworzenie cienkiej warstwy substancji przylegającej do powierzchni.

* Mgr inż. Michał Wojtewicz (michal.wojtewicz@tu.koszalin.pl), dr hab. Walery Sienicki (walery.sienicki@tu.koszalin.pl), dr hab. inż. Krzysztof Nadolny (krzysztof.nadolny@tu.koszalin.pl) – Wydział Mechaniczny Politechniki Koszalińskiej

Cztery rodzaje ściernic o jednakowej strukturze, różnej twardości i różnych numerach ziaren ściernych – o oznaczeniach technicznych: 1-35x10x10 9A5X60L10VE01PI-50, 1-35x20x10 9A5X60G10VE01PI-50, 1-35x20x10 9A5X80G10VE01PI-50 oraz 1-35x20x10 9A5X46G10VE01PI-50 – poddano procesowi impregnacji grafitem oraz MoS_2 . Aby do ściernicy wprowadzić impregnaty, początkowo przygotowano naważki stałych smarów (10 ± 30 g grafitu oraz 10 ± 45 g MoS_2). Następnie z każdej naważki sporządzono zawiesinę (preparat) składającą się z 50 cm^3 rozpuszczalnika nitro oraz 25 cm^3 lakieru SOLAK NC 352520 PÓŁMAT jako fazy rozpraszającej (nośnika). Dodatkowo przygotowano sam roztwór rozpuszczalnika i lakieru w celu oznaczenia pozostałości fazy rozpraszającej w ściernicy. W każdej z zawiesin impregnowano po trzy ściernice z każdego rodzaju. Zapisywano masy ściernic przed impregnacją, zaraz po wyjęciu z preparatu oraz po całkowitym odparowaniu nośnika w ściernicach (kilkakrotnie ważąc do stałej masy). Masy rejestrowano na wadze laboratoryjnej Radweg PS 2100.R2 z dokładnością do $0,01$ g. Do impregnacji grafitem zastosowano proszek grafitowy o takiej granulacji, że ponad 70% ziaren znajdowało się w przedziale $0 \pm 25 \mu\text{m}$, natomiast do impregnacji MoS_2 użyto proszku Molykote® Microsize $0,65 \pm 0,75 \mu\text{m}$ (Fischer).

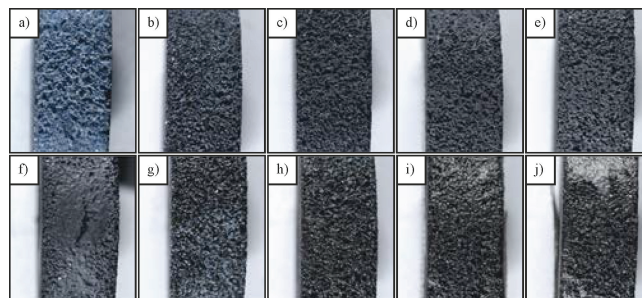
Wybrane rezultaty doświadczeń

Na podstawie uzyskanych danych wyznaczono wykres zależności średniego procentowego przyrostu masy ściernicy Δm_i w funkcji koncentracji impregnatu C_i w preparacie – $\Delta m_i = f(C_i)$, co pozwoliło na ustalenie maksymalnego nasycenia impregnatu na jednostkę masy ściernicy (rys. 1).



Rys. 1. Wykres zależności średniego przyrostu masy impregnatu od koncentracji impregnatu w preparacie: a) dla MoS_2 , b) dla grafitu

Po procesie impregnacji wykonano również makrofotografie CPS (rys. 2). Badania te wykazały, że w przypadku impregnacji proszkami smarnymi istnieje graniczna masa impregnatu (charakterystyczna dla każdej substancji), jaką można rozprowadzić w określonej masie fazy rozpraszającej. Po przekroczeniu tej granicy preparat nie jest zdolny do penetracji w całej objętości ściernicy – nadmiar impregnatu gromadzi się na powierzchni ściernicy, tworząc „zacieki” (rys. 2f i j).



Rys. 2. Makrofotografie CPS o oznaczeniu 1-35x10x10 9A5X60L10VE01PI-50 przed procesem impregnacji i po nim, przy różnych koncentracjach impregnatu: a) bez impregnacji, b) MoS_2 , $C_i = 0,157$; c) MoS_2 , $C_i = 0,315$; d) MoS_2 , $C_i = 0,472$; e) MoS_2 , $C_i = 0,630$; f) MoS_2 , $C_i = 0,709$; g) grafit, $C_i = 0,157$; h) grafit, $C_i = 0,315$; i) grafit, $C_i = 0,394$; j) grafit, $C_i = 0,472$

Podsumowanie

Zaproponowana przez autorów metoda impregnacji pozwala na kontrolowanie ilości impregnatu wprowadzane go w strukturę ściernicy, dzięki czemu użytkownik może dostosować jego ilość do określonego procesu obróbki. W obu przypadkach przy maksymalnej koncentracji użytych impregnatów ich objętości w ściernicy kształtowały się na podobnym poziomie. W przypadku impregnacji grafitem kluczową rolę odgrywa wielkość cząstek proszku grafitowego i decyduje o niejednorodności zawiesiny. Najwięcej grafitu można wprowadzić do ściernicy o numerze ziarna 46 (dla mniejszych ziaren możliwości impregnacji maleją). Dla wszystkich ściernic impregnowanych MoS_2 osiągnięto maksymalny przyrost masy przy jednakowej koncentracji impregnatu. Wraz ze wzrostem twardości ściernicy udział spoiwa w ściernicy wzrasta, co przyczynia się do spadku masy impregnatu na jednostkę masy narzędzia.

LITERATURA

- Xu X., Yu Y., Huang H. "Mechanisms of abrasive wear in the grinding of titanium (TC4) and nickel (K417) alloys". *Wear*. Vol. 255 (2003): pp. 1421-1426.
- Shaji S., Radhakrishnan V. "An investigation on surface grinding using graphite as lubricant". *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. No. 42 (2002): pp. 733-740.
- Shaji S., Radhakrishnan V. "Analysis of process parameters in surface grinding with graphite as lubricant based on the Taguchi method". *Journal of Materials Processing Technology*. No. 141 (2003): pp. 51-59.
- Shaji S., Radhakrishnan V. "An investigation on solid lubricant moulded grinding wheels". *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. No. 43 (2003): pp. 965-972.
- Tsai M.Y., Jian S.X. "Development of a micro-graphite impregnated grinding wheel". *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. No. 56 (2012): pp. 94-101.
- Marinescu I., Rowe W.B., Dimitrov B., Inasaki I. "Tribology of Abrasive Machining Processes". Norwich: William Andrew, Inc., 2004.
- Woźniak K. „Chemiczne podstawy obróbki ściernic – Monografia Wydziału Mechanicznego Politechniki Koszalińskiej Nr 17”. Koszalin: Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, 1984.
- Woźniak K. „Chemiczne zużywanie się ziarna ściernego”. *Mechanik*. Nr 4 (1977): s. 179-181.
- Nadolny K., Kapłonek W., Wojtewicz M., Sienicki W. „Effects of sulfurization of grinding wheels on internal cylindrical grinding of Titanium Grade 2[®]”. *Indian Journal of Engineering & Materials Sciences*. No. 20 (2013): pp. 108-124.
- Nadolny K., Kapłonek W., Wojtewicz M., Sienicki W. „Ocena wpływu nasiarczania ściernicy na jej zdolność skrawną w procesie szlifowania otworów ze stopu Titanium Grade 2[®]”. W: „Obróbka ściernic. Współczesne problemy”, red. A. Barylski. Gdańsk: Katedra Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji, Politechnika Gdańska, 2011: s. 53-68.
- Donachie M.J., Donachie S.J. "Superalloys: a technical guide". ASM International, Materials Park, 2002.
- S. Malkin S., Guo C. "Grinding Technology: Theory and Applications of Machining with Abrasives". New York: Industrial Press Inc., 2008.
- Wiley-VCH. "Lubricants and Lubrication". Wiley-VCH, 2007. ■