

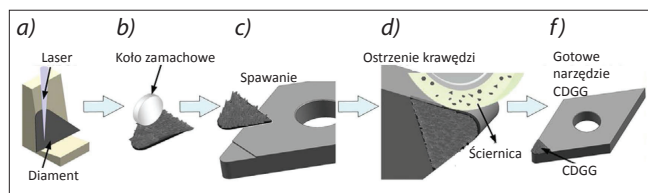
Poprawa wydajności skrawania stopów niklu za pomocą narzędzi diamentowych modyfikowanych grafenem

Opracowano metodę wytwarzania kowalencyjnych narzędzi diamentowo-nanografitowo-grafenowych (*diamond-nano-graphite-graphene* – CDGG) wykorzystującą lasery nanosekundowe i mechaniczne rozłupywanie za pomocą koła zamachowego do przekształcenia diamentu sp^3 w grafen sp^2 .

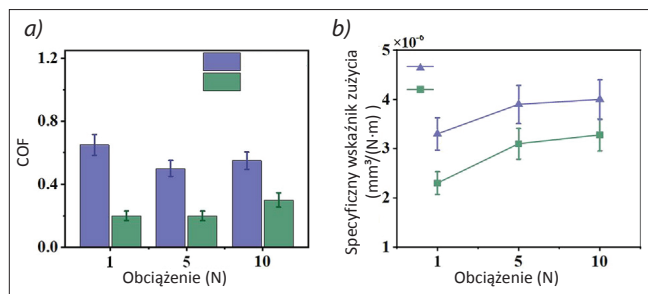
Powierzchnia CDGG została przygotowana na diamentcie metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej (CVD). Warstwa grafitu wytworzona laserem (rys. 1a) została poddana rozłupywaniu kołem zamachowym (rys. 1b), które wirując z dużą prędkością, odrywało cienką warstwę grafitu, odsłaniając w ten sposób powłokę grafenu. Warstwa diamentu przekształconego fazowo została przycięta za pomocą precyzyjnej szlifierki i przyspawana do powierzchni płytki skrawającej ostrza (rys. 1c), a krawędź skrawającej naostrzona (rys. 1d), co kończyło wytwarzanie narzędzia CDGG (rys. 1e).

W celu zbadania efektu tarcia między narzędziem, a obrabianym przedmiotem, przetestowano współczynnik tarcia kulek ciernych (Inconel 718) i płaskiej powierzchni (diament/CDGG). W porównaniu z diamentem, CDGG zawsze wykazuje niższy współczynnik tarcia w różnych warunkach obciążenia. Po 14400 cyklach jego stabilne tarcie pozorne COF było o 49-59% niższe niż diamentu (rys. 2a). Przy obciążeniach 1, 5 i 10 N, specyficzne wskaźniki zużycia CDGG były mniejsze (rys. 2b), co wskazuje, że CDGG może skutecznie zmniejszać zużycie mechaniczne i zapewniać doskonały efekt smarowania.

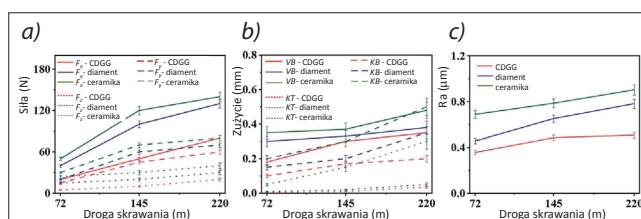
Porównanie skrawności narzędzi CDGG z narzędziami diamentowymi i ceramicznymi przeprowadzono przy toczeniu Inconel 718 z parametrami:



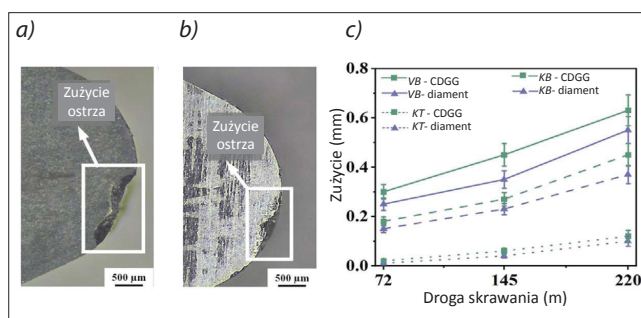
Rys. 1. Schemat produkcji narzędzia CDGG in-situ



Rys. 2. Badanie efektu tarcia między Inconelem 718 a diamentem/CDGG po 14400 cyklach: a) tarcie pozorne COF; b) specyficzne wskaźniki zużycia



Rys. 3. Porównanie sił skrawania, zużycia ostrza i chropowatości powierzchni obrabianej narzędziami CDGG, diamentowymi i ceramicznymi w funkcji drogi skrawania



Rys. 4. Morfologia zużytego narzędzia diamentowego (a) i CDGG (b) przy $v_c=60$ m/min, $a_p=0,3$ mm; c) przebiegi zużycia powierzchni natarcia i przyłożenia

$v_c=20$ m/min, $f=10$ mm/obr i $a_p=0,25$ mm. Siły skrawania dla narzędzi CDGG były najniższe (rys. 3a). Lokalny współczynnik tarcia CDGG wynosił 1,6, czyli o 11% mniej niż w przypadku narzędzi diamentowych (1,8), co dowodzi skuteczności grafenu w redukcji tarcia w rzeczywistych warunkach obróbki. Wskaźniki zużycia (głębokość KB i szerokość KT krateru na powierzchni natarcia, zużycie powierzchni przyłożenia VB) dla CDGG były niższe niż dla porównywanych narzędzi (rys. 3b). Chropowatość powierzchni została zmniejszona o 65–75% w porównaniu z narzędziami ceramicznymi i 45–55% w porównaniu z narzędziami diamentowymi (rys. 3c). Przy parametrach skrawania $v_c=60$ m/min, $a_p=0,3$ mm narzędzia CDGG również wykazywały dobrą odporność na zużycie, znacznie lepszą niż w przypadku narzędzi diamentowych (rys. 4)

LITERATURA

N. Chen et al., Improving cutting performance of nickel-based alloy by graphene modified diamond tools, *CIRP Annals – Manufacturing Technology* 74 (2025) 145-149, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2025.04.034>

Opracował: prof. dr hab. Krzysztof Jemielniak