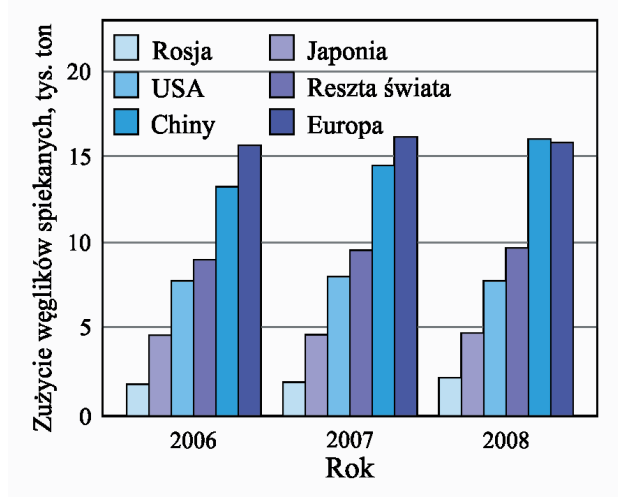


1. Wprowadzenie

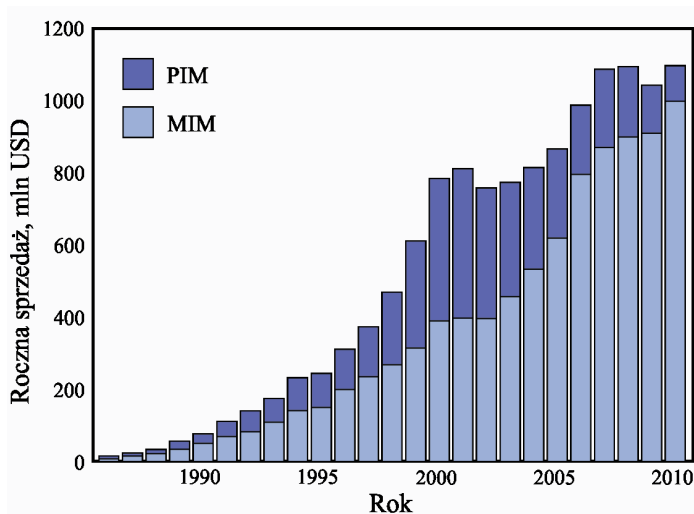
W ośrodkach naukowo-badawczych oraz centrach badawczych koncernów produkujących narzędzia skrawające realizowane są ciągle badania związane z opracowaniem i wytworzeniem uniwersalnego materiału narzędziowego, charakteryzującego się wysoką ciągliwością, odpornością na obciążenia dynamiczne oraz wysoką twardością i odpornością na zużycie ścierne. Realizacja zapotrzebowania rynku na uniwersalne narzędzia przeznaczone do obróbki ubytkowej możliwa jest dzięki ciągłemu rozwojowi inżynierii materiałowej i technologii wytwarzania produktów, m.in. wykorzystaniu innowacyjnych technologii, wytwarzaniu nowych materiałów inżynierskich bądź ulepszaniu już istniejących oraz możliwościom, jakie pojawiają się w związku z wykorzystaniem hybrydowych technologii, łączących metody metalurgii proszków z technologiami inżynierii powierzchni [1-9]. Wytworzenie narzędzia z naniesioną powłoką przeciwzużyciową wyraźnie umożliwia zwiększenie wydajności produkcji przez wzrost okresu trwałości ostrza, przy jednoczesnym zmniejszeniu jej energochłonności i materiałochłonności, związanym z obniżeniem kosztów wytwarzania materiałów inżynierskich w wyniku obróbki ubytkowej. Nawet wysokie koszty badań nowoczesnych materiałów narzędziowych oraz koszty związane z ich wytwarzaniem nie stanowią przeszkody dla rozwoju tych kierunków badań. Niezmienne zainteresowanie rynku światowego, a przede wszystkim duży wzrost konsumpcji węglików spiekanych na rynku azjatyckim potwierdza zapotrzebowanie przemysłu na narzędzia wytwarzane na bazie węglików spiekanych (rysunek 1.1). Wskaźnik wzrostu światowego rynku węglików spiekanych i supertwardych materiałów narzędziowych w latach 2007-2012 wyniósł 7,5% rocznie, a prognoza wzrostu na dalsze lata wynosi 11,3%. Przewiduje się, że globalny rynek węglików spiekanych i supertwardych materiałów może osiągnąć wartość 20,2 miliarda dolarów w 2018 roku, dzięki rozwojowi przemysłu i produkcji w krajach rozwijających się oraz zapotrzebowaniu na wysoko wydajne narzędzia do obróbki skrawaniem [10].

Jednym z nowoczesnych kierunków badań jest wykorzystanie techniki formowania wtryskowego proszku w celu wytwarzania spiekanych materiałów narzędziowych. Techniki formowania i spiekania proszków stwarzają szerokie możliwości doboru składu chemicznego produkowanych kompozytów narzędziowych.



Rysunek 1.1. Skala konsumpcji węglików spiekanych z podziałem na regiony świata [11]

Dynamiczny rozwój technik formowania wtryskowego gęstwy polimerowo-proszkowej umożliwia wytwarzanie stosunkowo niewielkich elementów o skomplikowanych kształtach i rozwiniętej powierzchni oraz produktów niewymagających obróbki plastycznej lub ubytkowej. Wyniki badań struktury i własności stali szybko tnących dowodzą, że ich wytwarzanie metodą formowania wtryskowego wysokociśnieniowego lub formowania niskociśnieniowego zapewnia uzyskanie pożądanej struktury i wymaganych własności mechanicznych, porównywalnych do stali szybko tnących, wytwarzanych klasyczną metalurgią proszków, przy czym eliminuje ono operacje obróbki plastycznej i ubytkowej, obniżając tym samym koszty z nimi związane. Dodatkowo, stosowana technika wytwarzania wtryskowego proszku, a w szczególności usuwanie lepiszcza oraz spiekanie wykonywane w atmosferach ochronnych, umożliwia wykorzystanie pieców bez konieczności stosowania próżni, co również zmniejsza koszty wytwarzania narzędzi. Wykorzystanie nowoczesnych technologii formowania proszków na bazie lepiszczy polimerowych, w szczególności formowania wtryskowego do opracowania materiałów narzędziowych o osnowie metalowej kobaltowo-niklowej wzmocnianych fazami węglowymi, stwarza obiecujące perspektywy wytwarzania funkcjonalnych materiałów narzędziowych. Sprzedaż produktów wytwarzanych techniką formowania wtryskowego proszku na przestrzeni ostatnich dwudziestu pięciu lat ciągle wykazuje tendencje wzrostowe i potwierdza duże zainteresowanie sektora przemysłowego tymi metodami (rysunek 1.2).



Rysunek 1.2. Światowa sprzedaż elementów wytworzonych metodą formowania wtryskowego proszku metalowego (MIM) oraz metalowego i ceramicznego łącznie (PIM) [12, 13]

Postęp w dziedzinie wytwarzania i zwiększania trwałości materiałów narzędziowych, znajdujących swoje zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, dokonuje się również przez upowszechnianie się technik nanoszenia cienkich, twardych powłok, zapobiegających przedwczesnemu zużyciu się powierzchni narzędzi. Problematyka badawcza, dotycząca wytwarzania na materiałach narzędziowych powłok o wysokich własnościach mechanicznych oraz dużej odporności na zużycie ściernie stanowi istotny kierunek rozwoju inżynierii powierzchni. Uzyskanie wyraźnie lepszych własności eksploatacyjnych przez powszechnie stosowane materiały, w tym również spiekane materiały narzędziowe, bardzo często osiągnięte jest przez nanoszenie powłok na ich powierzchniach metodami fizycznego osadzania z fazy gazowej. Wyraźny problem badawczy stanowi dobór materiału na powłoki oraz techniki nanoszenia. Wynika to z faktu, że wiele oczekiwanych własności od "idealnej" powłoki, możliwych do uzyskania, wyklucza się wzajemnie. Warstwy konstytuowanej powłoki powinny zapewniać, zależnie od swojego umiejscowienia, pożądane cechy, a tworząc strefy przejściowe, gwarantować oczekiwane własności, mające wpływ na jakość powłoki. Warstwa znajdująca się najbliżej podłoża musi wykazywać dobrą przyczepność do materiału, podczas gdy warstwa zewnętrzna powinna zapewniać wymaganą twardość, wytrzymałość, własności trybologiczne i antykorozyjne. Na własności mechaniczne oraz eksploatacyjne powłok można wpływać przez odpowiedni dobór rodzaju i składu chemicznego warstwy wierzchniej oraz

przez optymalizację warunków jej nanoszenia. Szeroki wybór technologii nanoszenia powłok oraz możliwość dowolnego ich konstituowania na różnych materiałach inżynierskich rozszerza potencjał aplikacyjny wielu produktów [14-19]. Zastosowanie przeciwzuzyciowych powłok nanoszonych na materiały inżynierskie, wpływa pozytywnie na aspekty ekonomiczne i ekologiczne ich stosowania, umożliwiając m.in. redukcję kosztów produkcji w wyniku wzrostu wydajności obróbki skrawaniem i stosowaniem wyższych prędkości skrawania i posuwu, wydłużenia okresów wymiany ściepionego narzędzia, uzyskania wysokiej jakości obrobionej powierzchni, a także wyeliminowania cieczy chłodząco-smarujących. Wartość globalnego rynku zastosowań technologii PVD wykazuje niezmiennie tendencje wzrostowe, a wartość tego rynku w roku 2010 wyniosła 9,0 miliardów USD i wzrosła do 9,9 mld USD w 2011 roku, natomiast prognozowany wzrost w roku 2016 może osiągnąć nawet 15 mld USD przy założonej średniej rocznej stopie wzrostu w wysokości (CAGR) 8,5% w okresie 2011-2016. Wartość urządzeń wykorzystywanych w metodach PVD wzrośnie przy założonej średniej rocznej stopie wzrostu (CAGR) na poziomie 7,9% z 7,1 mld USD w roku 2011 do 10,4 mld USD w 2016 roku. Rozpatrując jedynie wartość materiałów nanoszonych metodami PVD kalkuluje się ją na poziomie 1,6 mld USD w 2011 roku i szacuje się dalszy jej wzrost do 2,7 mld USD w 2016 roku, przy założeniu CAGR 11,3% [20].

Zastosowanie formowania proszków na bazie lepszycy polimerowych, w szczególności formowania wtryskowego lub wytłaczania, stało się przedmiotem badań w wielu ośrodkach badawczo-naukowych i uniwersyteckich. Od wielu lat inżynieria powierzchni i materiały narzędziowe są przedmiotem zainteresowania autora, a prowadzone badania w macierzystej Jednostce skupiają się na technologiach modyfikacji warstw wierzchnich m.in. w procesach fizycznego i chemicznego osadzania z fazy gazowej oraz na wytwarzaniu różnych materiałów inżynierskich, w tym również narzędzi [21-42].

W monografii przedstawiono charakterystykę materiałów narzędziowych ceramiczno-węglkowych, przeznaczonych na narzędzia do obróbki skrawaniem, dokonano opisu metody wytwarzania materiałów narzędziowych z wykorzystaniem technologii formowania wtryskowego proszku oraz scharakteryzowano nanokrystaliczne powłoki, wytwarzane metodą fizycznego osadzania z fazy gazowej.