

## 1. Wprowadzenie

Jednym z głównych wyzwań stojących przed współczesną gospodarką opartą na wiedzy i innowacyjności jest konieczność zmniejszania materiałochłonności i energochłonności, jako warunek zrównoważonego rozwoju i racjonalnego gospodarowania zasobami naturalnymi. W większości przypadków cele te można osiągnąć stosując innowacyjne metody obróbki materiałów lub zastępując tradycyjnie stosowane tworzywa materiałami nowej generacji o lepszych własnościach funkcjonalnych i wytrzymałościowych. Również umiejętne skojarzenie wielu operacji technologicznych, w tym technologii modyfikacji warstwy wierzchniej, pozwala uzyskać zamierzony efekt w postaci materiału posiadającego własności niezbędne do optymalnej pracy projektowanego narzędzia, bądź konstrukcji. Własności użytkowe wielu produktów zależą nie tylko od możliwości przeniesienia obciążeń mechanicznych przez cały czynny przekrój elementu z zastosowanego materiału lub od jego własności fizykochemicznych, lecz bardzo często od struktury i własności warstw powierzchniowych [1-3].

Dynamiczne tempo rozwoju wielu nowoczesnych gałęzi przemysłu, w tym obróbki plastycznej, wyznaczone było w głównej mierze możliwościami inżynierii powierzchni [4-6]. Bardzo popularnym procesem w obróbce plastycznej, szczególnie w przypadku metali nieżelaznych i ich stopów jest wyciskanie, gdyż pozwala na uzyskanie rur, prętów, drutów oraz kształtowników mających skomplikowane kształty, zachowując przy tym dużą dokładność wymiarów [7-9]. Głównym odbiorcą tych produktów jest przemysł lotniczy i motoryzacyjny, medyczny, okienniczy i meblarski, jak również transport oraz elektronika i energetyka. Otrzymywane w procesach plastycznego kształtowania, w tym na drodze wyciskania, elementy powinny charakteryzować się, m. in. oczekiwanymi własnościami mechanicznymi, dużą dokładnością wymiarów, czystą i gładką powierzchnią, jak też akceptowalną ceną. Powierzchnie robocze matryc do wyciskania, pracujące w trudnych warunkach eksploatacyjnych, narażone są na wysokie obciążenia mechaniczne i cieplne, intensywne zużycie lub korozyjne oddziaływanie środowiska [10-12].

Wiedza dotycząca wzrostu trwałości eksploatacyjnej narzędzi nabiera szczególnego znaczenia, gdy jednocześnie rozpatruje się zagadnienia związane ze zwiększeniem efektywności wyciskania. Relatywnie niska żywotność stosowanych matryc jest negatywną cechą procesu, którą należy rozważyć w stosunku do jego zalet. Trwałość matryc ma znaczący wpływ na wielkość kosztów wytwarzania produktów oraz na ich jakość. Szacuje się, że koszt

oprzyrządowania stanowi od kilkunastu (nawet do 40%) procent jednostkowego kosztu wytwarzania. Stąd dążenie do poprawy trwałości oprzyrządowania stosowanego podczas wyciskania, m.in. dzięki zastosowaniu technologii inżynierii powierzchni, jest stałą tendencją.

Postęp w zakresie wytwarzania i zwiększania trwałości eksploatacyjnej narzędzi, znajdujących zastosowanie w nowoczesnych gałęziach przemysłu dokonuje się w głównej mierze dzięki coraz powszechniejszemu wykorzystaniu technik nanoszenia cienkich powłok z twardych, odpornych na zużycie materiałów ceramicznych. Szeroki wybór dostępnych obecnie rodzajów powłok oraz technologii ich nanoszenia jest efektem wzrastającego w ostatnich latach zapotrzebowania na nowoczesne metody modyfikacji i ochrony powierzchni materiałów. Obecnie spośród wielu technik zwiększających trwałość narzędzi istotną rolę w praktyce przemysłowej odgrywają metody chemicznego osadzania z fazy gazowej CVD (ang. *Chemical Vapour Deposition*) i fizycznego osadzania z fazy gazowej PVD (ang. *Physical Vapour Deposition*). Szybki rozwój technologii kształtowania struktury i własności powierzchni elementów maszyn i narzędzi spowodował pojawienie się wielu nowych materiałów powłokowych, w tym powłok jednowarstwowych, wielowarstwowych, wieloskładnikowych, gradientowych, nanokrystalicznych i nanokompozytowych oraz adaptacyjnych [13-17]. Nowatorskim sposobem w zakresie obróbki powierzchniowej jest zastosowanie technologii hybrydowych, dających szerokie spektrum rodzajów skojarzonych procesów, które umożliwia otrzymywanie całej gamy materiałów o unikatowych własnościach, do ściśle określonych zastosowań, nieosiągalnych do uzyskania poprzez zastosowanie standardowych metod obróbki powierzchniowej [18-20].

Od kilkunastu lat inżynieria powierzchni stanowi przedmiot zainteresowania środowiska naukowego, z którego wywodzi się Autor. Prowadzone w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych badania dotyczą możliwości modyfikacji powierzchni materiałów inżynierskich poprzez nanoszenie powłok techniką CVD i PVD [21-25], jak również wykorzystanie technologii hybrydowych [26-28], laserowych [29-32] oraz formowanie warstw powierzchniowych metodami metalurgii proszków [33, 34]. Równocześnie, od kilkudziesięciu lat istotnym obszarem zainteresowań naukowych Zespołu są zagadnienia związane z materiałami narzędziowymi [35-38]. Tematyka podjętych w ramach pracy badań stanowi więc naturalny kierunek rozwoju obszarów badawczych realizowanych w Instytucie.

W pracy dokonano przeglądu metod wyciskania oraz niszczenia matryc wywołanych zespołem czynników wpływających na ich degradację, przede wszystkim temperaturą, tarcieniem, zużyciem ściernym oraz adhezyjnym. Zasadniczą uwagę skupiono na możliwości modyfikacji

powierzchni narzędzi do plastycznego kształtowania metali nieżelaznych w wyniku naniesienia twardych nanokrystalicznych powłok wytwarzanych techniką fizycznego osadzania z fazy gazowej (PVD) z dodatkową cienką warstwą niskotarciową otrzymaną techniką chemicznego osadzania z fazy gazowej (CVD) w sposób istotny zwiększających odporność na zużycie ścierne i adhezyjne narzędzi do plastycznego kształtowania metali.