

# Streszczenie rozprawy doktorskiej

Mgr inż. Krzysztof Czarnecki

## **„Zwiększanie trwałości matryc do przemysłowej produkcji elementów szklanych”**

Celem pracy doktorskiej było opracowanie rozwiązania materiałowego powłoki PVD, która zapewni zwiększenie trwałości narzędzi formujących wykorzystywanych w wielkoseryjnych procesach wytwarzania wyrobów szklanych, oraz wybór metody obróbki powierzchniowej umożliwiającej jej wytwarzanie.

W swojej konstrukcji praca stanowi interdyscyplinarne połączenie działań w obszarze budowy i eksploatacji maszyn – w zakresie kształtowania właściwości narzędzi formujących do produkcji elementów szklanych, oraz w obszarze inżynierii materiałowej – w zakresie nowoczesnych rozwiązań materiałowych powłok PVD.

W części I rozprawy doktorskiej przedstawiona została geneza podjętego problemu badawczego. Przeprowadzono charakterystykę wielkoseryjnych procesów produkcji wyrobów szklanych, a także dokonano analizy stanu wiedzy w zakresie zwiększania trwałości wykorzystywanych narzędzi formujących oraz jakości produkowanych wyrobów. Dokonano także analizy możliwości inżynierii powierzchni w zakresie kształtowania właściwości warstwy wierzchniej narzędzi wykorzystywanych w procesach formowania wyrobów szklanych, zarówno pod kątem rozwiązań materiałowych, jak i technologicznych. Na tej podstawie zaproponowano oryginalny opis mechanizmu zużycia wykorzystywanych form i wytłoczników, wskazując bardzo szybki proces krystalizacji szkła, jako istotny czynnik determinujący ten proces. Wskazano także właściwości, którymi należy się kierować przy wyborze powłok zwiększających trwałość elementów formujących, wykorzystywanych w procesach formowania wyrobów szklanych. Na podstawie dokonanych analiz sformułowano hipotezę, że w celu efektywnego zwiększania trwałości narzędzi formujących wykorzystywanych w wielkoseryjnych procesach wytwarzania wyrobów szklanych, celowe jest nakładanie powłok wielofunkcyjnych, charakteryzujących się zarówno zwiększoną odpornością na zużycie ściernie, zwiększoną odpornością cieplną, a także jak najmniejszą zwilżalnością w kontakcie z masą szklaną. W ramach zrealizowanej pracy do badań wybrano cztery różne powłoki PVD. Procesy wytwarzania wybranych powłok zrealizowano

z wykorzystaniem urządzenia technologicznego typu: Standard, produkcji Instytutu Technologii Eksploatacji – Państwowego Instytutu Badawczego w Radomiu.

W części II rozprawy doktorskiej zaproponowano i opisano metodykę badawczą, w celu kompleksowej oceny właściwości powłok PVD wybranych do badań, w tym m.in.: mikrostruktury, właściwości fizykochemicznych (skład chemiczny, twardość, moduł Younga, adhezja, chropowatość powierzchni), a także właściwości funkcjonalnych (odporność na zużycie ściernie w kontakcie ze szkłem, zwilżalność powierzchni ciekłym szkłem). W przyjętej metodyce badawczej wykorzystano autorską metodę oceny zwilżalności powierzchni powłok ciekłym szkłem, wykorzystującą pomiar kąta zwilżania.

W części III rozprawy doktorskiej przedstawiono wyniki zrealizowanych badań laboratoryjnych, a następnie spośród badanych powłok PVD wskazano rozwiązanie materiałowe, charakteryzujące się najlepszymi właściwościami w procesie zwiększania trwałości narzędzi formujących wykorzystywanych w wielkoseryjnych procesach wytwarzania wyrobów szklanych, tj. zarówno dobrą odpornością na zużycie ściernie w kontakcie ze szkłem, jak i małą zwilżalnością powierzchni ciekłym szkłem. We współpracy z Hutą Szkła Trendglass w Radomiu przeprowadzono weryfikację wybranej powłoki PVD, pod kątem jej skuteczności w zwiększaniu trwałości narzędzi formujących, wykorzystywanych w produkcji elementów szklanych. Wyniki prac badawczych zrealizowanych w ramach rozprawy potwierdziły postawioną hipotezę, że wytworzenie na powierzchniach roboczych narzędzi wykorzystywanych w procesach formowania wyrobów szklanych, powłok wielofunkcyjnych, charakteryzujących się zarówno zwiększoną odpornością na zużycie ściernie, zwiększoną odpornością cieplną, a także jak najmniejszą zwilżalnością w kontakcie z masą szklaną, umożliwia zwiększenie ich trwałości eksploatacyjnej. Potwierdzono również, że decydujące znaczenie w projektowaniu właściwości powłok PVD, przeznaczonych do zwiększania trwałości narzędzi formujących, ma poznanie dominujących mechanizmów ich niszczenia.

Efektom zrealizowanych prac badawczych jest opracowanie zweryfikowanego praktycznie rozwiązania materiałowo-technologicznego w obszarze inżynierii powierzchni, zapewniającego poprawę trwałości narzędzi formujących wykorzystywanych w wielkoseryjnych procesach produkcji wyrobów szklanych.