Technologia wykonywania trójwymiarowych matryc i tłoczników oraz form dla opakowań

Jacek Teodorczyk
Dariusz Wrąbel

Opakowanie, do którego zadań należy przyciągnięcie uwagi potencjalnego klienta, coraz częściej opatrywane jest nie tylko atrakcyjną grafiką, lecz także formami przestrzennymi, trójwymiarowymi. W przypadku opakowań tekturowych, papierowych czy blaszanych są to przetłoczenia w postaci reliefów. Podobnie opakowania wykonane z tworzyw metodą próżniowego formowania na gorąco lub wtrysku, jak również opakowania szklane, ozdabiane są różnego rodzaju logotypami lub wręcz formami przypominającymi płaskorzeźby. Przykłady takich opakowań, które możemy spotkać na półkach sklepowych, pokazują poniższe zdjęcia (rys. 1, 2 i 3).

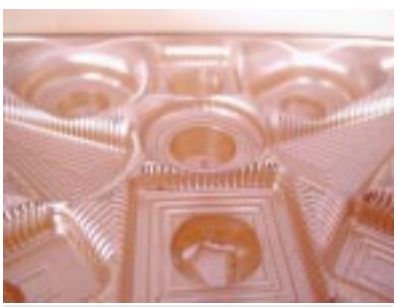
Przetłoczenia w opakowaniach papierowych i tekturowych są najczęściej wykonywane za pomocą matryc i tłoczników. Narzędzia te produkuje się obecnie metodą chemigraficzną. Jest to technologia najtańsza, ma jednak ważne ograniczenia. Stosowana jest głównie do prostego przetłaczania. W przypadku, gdy konieczne jest uzyskanie prawdziwie trójwymiarowego efektu, gdzie przekroje poprzeczne zmieniają się tworząc skomplikowane reliefy, oraz w przypadku, gdy operacja tłoczenia połączona jest z nakładaniem folii metalowych – złoceń, konieczne jest użycie tłoczników i matryc grawerowanych. Tłoczniki wykonane tą metodą mogą mieć krawędzie tnące pozwalające na jednoczesne wykonanie złoceń. Uzyskanie określonego pochylenia ścian bocznych tłocznika, niemożliwe w chemigrafii, tutaj nie stanowi problemu.

Formy do produkcji opakowań szklanych czy z tworzyw sztucznych są wykonywane wyłącznie metodą frezowania. W każdym przypadku trudność stanowi tutaj wykonanie skomplikowanych kształtów, których nie można zdefiniować jako brył elementarnych.

Do realizacji tych zadań obecnie wykorzystuje się systemy wspomagane komputerowo – CADCAM, oraz obrabiarki-grawerki typu CNC sterowane numerycznie. Przykładem takiego systemu jest program ArtCAM Pro współpracujący z maszynami wyposażonymi w układy sterowania CNC.

Program ArtCAM składa się z dwóch modułów: modułu pozwalającego zaprojektować formę przestrzenną – relief, oraz modułu CAM służącego do wygenerowania ścieżki narzędzia (rys. 4) – pliku zawierającego dane umożliwiające sterowanie obrabiarką CNC. Jak sugeruje nazwa, program jest prze-

Rys. 1. Relief na butelce



Rys. 2. Wkładka do pralin

Rys. 3. Złocenia i przetłoczenia na bombonierce

Rys. 4. Tłocznik do złoceń

znaczony dla projektantów – grafików, plastyków, którzy posługują się programami graficznymi, takimi jak CorelDRAW, Illustrator, Photoshop, 3DStudio itp., i został wyposażony w narzędzia analogiczne do wymienionych programów, jednak działające w odniesieniu do form przestrzennych.

W programie ArtCAM relief może zostać wymodelowany na bazie zadanego kształtu w formie płaskiej figury, linii wektorowej, obrazu w postaci mapy bitowej. Figury płaskie zostają wypełnione kolorem, któremu zostaje przyporządkowany atrybut w postaci kształtu wypukłości lub wklęsłości (rys. 5 i 6).

Rys. 5. Rysunek wektorowy

W ten sposób powstają elementarne reliefy, na których można dokonywać operacji logicznych. Korzystając dodatkowo z takich narzędzi, jak tworzenie reliefów za pomocą przekrojów przesuwanych po liniach wiodących, oraz tekstur, łatwo jest tworzyć najbardziej skomplikowane formy (rys. 7).

W przypadku mapy bitowej następuje zamiana odcieni szarości na wysokość reliefu, to znaczy obszary ciemniejsze będą miały większą wysokość, a obszary jaśniejsze zostaną przetłoczone płycej, lub na odwrót.

Możliwe jest również wczytanie danych zebranych za pomocą trójwymiarowego skanera. Dane te wyświetlone na ekranie monitora w postaci reliefu można skalować i wprowadzać inne modyfikacje. Technika taka, nazywana *reverse engineering*, pozwala kopiować istniejące reliefy i umieszczać je na dowolnych zaprojektowanych wcześniej powierzchniach.

Rys. 6. Okno dialogowe edytora kształtu

Program jest wyposażony w narzędzia pozwalające na ocenę projektu. Wygenerowany relief może być oświetlony pod dowolnym kątem oraz obrócony na ekranie monitora, tak że ewentualne poprawki można wprowadzić przed wykonaniem formy w metalu. Do tego celu służy szereg narzędzi, takich jak wygładzanie ostrych krawędzi, rylec, narzędzie umożliwiające wykonanie nadlewek czy przepchnięcie materiału z jednego miejsca w drugie. Przypomina to modelowanie w plastelinie.

Rys. 7. Wizualizacja reliefu

Kolejny etap produkcji to wygenerowanie ścieżek narzędzi. W obróbce wielu form konieczne jest użycie więcej niż jednego narzędzia. Stosuje się inne frezy do obróbki zgrubnej, inne do obróbki wykończającej, jeszcze inne do obróbki pewnych fragmentów form, wymagających narzędzi o specjalnym kształcie. Dla tych operacji technologicznych program ArtCAM automatycznie tworzy pliki zawierające dane do sterowania poszczególnymi osiami obrabiarki CNC.

Rys. 8. Edytor ścieżki narzędzia

Dobór parametrów technologicznych obróbki, takich jak prędkość posuwu, głębokość skrawania, strategia obróbki dla poszczególnych narzędzi, odbywa się w sposób interaktywny (rys. 8).

Przebieg ścieżki narzędzia można prześledzić na ekranie monitora i ewentualnie skorygować zanim forma zostanie wykonana w metalu (rys. 9).

Aby móc wykonać stworzony w programie ArtCAM projekt matrycy lub tłocznika, musimy dysponować odpowiednią obrabiarką i odpowiednio dobranymi narzędziami.

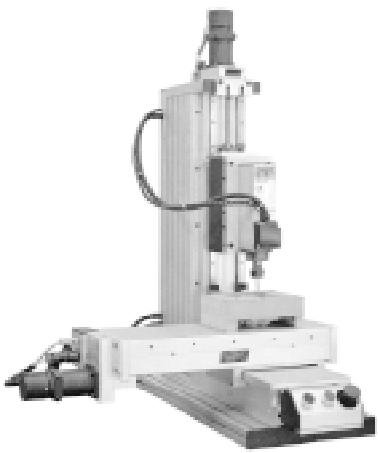
Na rynku jest dostępnych wiele urządzeń sterowanych komputerowo, służących do wycinania lub grawerowania. Jednak nie wszystkie one nadają się do wykonywania obróbek trójwymiarowych.

Najpopularniejsze i jednocześnie najtańsze są

Rys. 9. Ścieżki narzędzia

plotery frezujące, w których poszczególne osie są napędzane za pomocą silników krokowych. Najczęściej są to urządzenia o dwóch osiach sterowanych numerycznie. Nadają się one jednak najczęściej tylko do wykonywania obróbki na płaszczyźnie, tzn. do wycinania liter, znaków, grawerowania płaskich matryc i stempli.

Napęd za pomocą silnika krokowego ma jednak pewną wadę. Wynika ona z samej zasady działania tego napędu, polegającej na tym, że do silnika jest wysyłany z urządzenia sterującego ciąg impulsów, który jest zamieniany przez silnik na taką samą ilość skoków o określoną kątową działkę elementarną. Obrót silnika krokowego jest zamienny na określone przełożeniami przesunięcia liniowe elementów wykonawczych. Może się jednak zdarzyć, że wskutek zbyt dużej prędkości lub zbyt dużych sił skrawania liczba impulsów wysyłanych będzie większa niż liczba skoków silnika („zgubienie impulsu”).



Rys. 10. Frezarka FLA – wersja stołowa

Spowoduje to powstanie rozbieżności między pozycją zadaną w programie a pozycją rzeczywistą. Błąd ten będzie występował przez cały czas, bowiem układ sterowania nie ma informacji zwrotnej i nie może go skorygować. Wynika z tego, że aby ustrzec się takich błędów, należy zastosować inny rodzaj napędu.

W obrabiarkach precyzyjnych, a do takich należą prezentowane obrabiarki serii Microprofil, zastosowano serwonapędy prądu stałego. Różnica pomiędzy serwonapędem a zwykłym silnikiem skokowym polega na zastosowaniu w tym pierwszym precyzyjnego układu pomiarowego, który na bieżąco mierzy położenie elementu napędzanego. Dzięki sprzężeniu zwrotnemu pozycja rzeczywista

Rys. 11. Frezarka FLA – wersja ze stolikiem

jest przez cały czas porównywana z pozycją zadaną z programu sterującego. Eliminuje to możliwość powstania takich błędów jak w silnikach krokowych. Niestety, są to układy droższe, co rzutuje na cenę obrabiarki. Jednak biorąc pod uwagę precyzję, żądane dokładności obróbki matrycy, zastosowanie serwonapędów jest uzasadnione.

Drugim ważnym elementem rzutującym na dokładność obrabiarki jest sposób zamiany ruchu obrotowego silnika na ruch postępowy elementów wykonawczych. W tańszych urządzeniach jest to realizowane poprzez koła i paski zębate. Urządzenia takie pracują z dokładnością rzędu 0,1 mm. Dopiero za-

Rys. 12. Frezarka FGS – wersja z obudową pyłoszczelną

stosowanie precyzyjnych, bezluzowych śrub tocznych umożliwia uzyskanie dokładności o rząd wyższych, tzn. 0,01 mm, a takie dokładności są wymagane w matrycach i tłocznikach.

Firma TeBa ma w swojej ofercie cały typoszereg urządzeń frezujących, poczynając od ploterów PMC o polu pracy 1200×800 mm, a kończąc na dużych obrabiarkach o polu pracy 3000×2000 mm.

Poniżej zostaną przedstawione dwa urządzenia szczególnie nadające się do wykonywania matryc, tłoczników i wkładek do form. Urządzenia te są wykonane z anodowanych profili aluminiowych. Zastosowano w nich we wszystkich osiach bezluzowe śruby toczne. Układy sterowania są oparte na komputerach klasy PC (rys. 10).

Obrabiarka FLA jest obrabiarką górnowrzecionową. Zakres ruchów

Rys. 13. Frezarka FGS – wersja stołowa

Rys. 14. Typowe frezy używane do frezowania form i tłoczników

roboczych X×Y×Z wynosi 200×
×200×200. Dzięki precyzyjnym przetwornikom impulsowo-obrotowym możliwe jest wykonywanie obróbki w trzech osiach z dokładnościami rzędu setnych części milimetra. Dzięki sztywnej konstrukcji możliwe jest stosowanie elektrowrzecion o mocy do 1,5 kW i 60 000 obr./min (rys. 11).

Drugim typem obrabiarki jest FGS. Od wymienionej powyżej różni się ona budową. Ma stół nieruchomy. Ruchy robocze wykonuje portal, na którym umieszczono wrzeciono. Jest to obrabiarka o większym polu pracy X×Y – 420×400. Mniejszy jest zakres osi Z – do 100 mm. Obrabiarka ta może być wyposażona we wrzeciono o mocy do 0,8 kW (rys. 12 i 13).

Należy wspomnieć o jeszcze dwóch elementach omawianego systemu do projektowania i wykonywania tłoczników i matryc. Są one ze sobą nierozerwalnie powiązane. Chodzi tu o narzędzia (frezy) i elektrowrzeciona. W wykonywanych matrycach frezowane elementy nierzadko mają wymiary rzędu 0,05–0,2 mm. Aby wykonać tak precyzyjne elementy, musimy dysponować odpowiednimi narzędziami. Obecnie prawie już nie stosuje się narzędzi ze stali szybkotnącej. Powszechnie są używane frezy z drobnokrystalicznego węglika spiekanego. Kształt i wymiary oferowanych frezów umożliwiają obróbkę zarówno płaszczyzn, jak i elementów przestrzennych (rys. 14).

Rys. 15. Ostrzałka do frezów firmy Kirba

W celu polepszenia własności obróbczych, jak i w celu wydłużenia trwałości, frezy te mogą być pokryte specjalnymi powłokami. Czasami jednak występuje konieczność wykonania nietypowego kształtu narzędzia. Należy wówczas skorzystać ze specjalnych ostrzałek (rys. 15).

Urządzenia te dają możliwość wykonania do dziewięciu różnych nietypowych kształtów frezu. Warunkiem koniecznym, aby frez mógł prawidłowo pracować, jest odpowiednia prędkość obrotowa i precyzja ruchu. Im mniejsza średnica frezu, tym wyższa musi być prędkość. Dla frezów o średnicy 0,1–0,2 mm przy frezowaniu mosiądzu czy stopów aluminium wymagana jest prędkość obrotowa rzędu do 60 tys. obr./min (rys. 16).

Do tego celu są używane specjalne elektrowrzeciona mające bardzo precyzyjne łożyska ceramiczne. Są to urządzenia wyposażone

Rys. 16. Elektrowrzeciono z ręczną wymianą narzędzia

w silnik trójfazowy zasilany z falownika. Dzięki zmianie częstotliwości prądu można w sposób płynny zmieniać prędkość obrotową wrzeciona, tak by optymalnie dobrać parametry obróbki.

Przedstawione powyżej systemy oferowane przez firmę TeBa zostały z powodzeniem wdrożone w przedsiębiorstwach z branży opakowaniowej i reklamowej. Dzięki wieloletniej praktyce firma świadczy również usługi w zakresie doradztwa i szkolenia dotyczących oprogramowania i obrabiarek CNC.

dr inż. Jacek Teodorczyk
dr inż. Dariusz Wrąbel
www.teba.com.pl
teba@lodz.pdi.net