

Tomasz Jachowicz ¹⁾, Volodymyr Krasynski ²⁾

ETYKIETOWANIE - METODA WYTWARZANIA ELEMENTÓW Z TWORZYW O SPECJALNYCH CECHACH POWIERZCHNI

Streszczenie: W artykule przedstawiono informacje na temat jednej ze specjalnych metod wtryskiwania, jakim jest wtryskiwanie z etykietowaniem w formie. Scharakteryzowano podstawy tej metody przetwórstwa i omówiono jej odmiany, uwzględniające różne sposoby pobierania i pozycjonowania etykiet w gnieździe formującym formy wtryskowej. Przedstawiono budowę stanowiska technologicznego do wtryskiwania z etykietowaniem w formie i wymieniono maszyny i urządzenia wchodzące w jego skład. Omówiono najważniejsze zalety i wady tej metody wtryskiwania oraz najważniejsze obszary zastosowania otrzymywanych przy jej pomocy wyprasek..

Słowa kluczowe: przetwórstwo tworzyw, wtryskiwanie, etykietowanie w formie.

WSTĘP

Wtryskiwanie jest jedną z pierwszych i podstawowych technologii przetwórstwa tworzyw sztucznych i na przestrzeni dziesięcioleci wykształciło wiele odmian i modyfikacji, związanych z rozwojem technologii wtryskiwania, pojawianiem się nowych tworzyw oraz nowych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn przetwórczych. Wtryskiwanie połączone z jednoczesnym etykietowaniem umieszcza się w grupie metod umożliwiających wprowadzanie do formy wtryskowej dodatkowego materiału, o innych cechach użytkowych niż wtryskiwane tworzywo [1, 6]. W tej grupie występują następujące specjalne metody wtryskiwania, takie jak otryskiwanie folii, tkanin i laminatów, wśród których wyróżnia się wtryskiwanie z dekorowaniem w formie oraz wtryskiwanie z laminowaniem w formie. Odmiany wtryskiwania z dekorowaniem w formie są następujące [1, 9]: wtryskiwanie z dekorowaniem folią (IMD – In-Mold Decorating), wtryskiwanie z etykietowaniem w formie (IML – In-Mold Labeling), wtryskiwanie z wykorzystaniem elementów dekoracyjnych kształtowanych podciśnieniowo (INM – Insert Molding) oraz wtryskiwanie folii ze wstępnym kształtowaniem podciśnieniowo (FIM – Film Insert). W oparciu o te odmiany wtryskiwania otrzymuje się złożone elementy z tworzyw, które mają na fragmencie swej powierzchni powłokę z materiału o innych właściwościach i cechach użytkowych, niż pozostała część wypraski.

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Procesów Polimerowych.

² Lviv Polytechnic National University, Institute of Chemistry and Chemical Technologies, Department of Chemical Technology of Plastics Processing.

Technologia wprowadzania elementów dekoracyjnych w postaci etykiet znalazła zastosowanie nie tylko w procesie wtryskiwania, ale występuje także podczas wytłaczania z rozdmuchiwaniami oraz formowania próżniowego [6, 7]. Przykłady części z tworzyw, na których znajdują się etykiety, integralnie z nimi związane w trakcie wytwarzania zostały przedstawione na rys. 1.



Rys. 1. Typowe przykłady opakowań wykonanych metodą IML [8]

PODSTAWY PROCESU

Proces wtryskiwania z etykietowaniem w formie jest znany od kilkudziesięciu lat. Został opracowany w Stanach Zjednoczonych we wczesnych latach siedemdziesiątych XX w., jako rezultat poszukiwania metody wytwarzania części z tworzyw, głównie opakowań, posiadających na powierzchni trwałe, czytelne i odporne na uszkodzenia znaki graficzne [5]. Wykorzystanie etykietowania w formie rozpowszechniło się na szeroką skalę dopiero w ostatnich latach, przede wszystkim z powodu zwiększenia się możliwości współczesnych robotów przemysłowych oraz wydajności układów sterowania i regulacji wtryskarek [1, 3, 13].



Rys. 2. Schemat wtryskiwania z etykietowaniem w formie [5]

Wtryskiwanie z etykietowaniem polega na wprowadzeniu odpowiednio ukształtowanej folii z tworzywa do gniazda formy wtryskowej (rys. 2). Folia do etykietowania może być jedno- lub wielowarstwowa, z naniesionym wzorem graficznym i może zawierać elementy nie będące tworzywem, na przykład folię metalową. Następnie do zamkniętej formy z etykietą znajdującą się w gnieździe formującym następuje wtrysnięcie tworzywa w celu uzyskania wypraski wtryskowej. Folia, która jest utrzymywana przy ściankach gniazda formującego, w wyniku działania ciśnienia i wysokiej temperatury tworzywa, zostaje trwale połączona z wypraską wtryskową, tworząc po jej ochłodzeniu jednorodny element.

Podstawowym warunkiem, niezbędnym do prawidłowego przeprowadzenia procesu wtryskiwania z etykietowaniem w formie jest trwale utrzymywanie etykiety w odpowiednim obszarze powierzchni gniazda formującego, tak aby nie nastąpiło przemieszczenie się jej zarówno podczas zamykania formy wtryskowej, jak i w samej fazie wtrysku, kiedy na folię będzie oddziaływać strumień tworzywa wypełniającego gniazdo formujące [1, 6]. Utrzymywanie folii w odpowiednim położeniu jest realizowane dwiema metodami: przy pomocy podciśnienia lub ładunku elektrostatycznego. Dodatkowy wpływ na prawidłowe pozycjonowanie foliowej etykiety i jej zachowanie podczas fazy wtrysku ma kształt, grubość i właściwości mechaniczne folii [1,2, 5].

Pozycjonowanie etykiety metodą podciśnieniową

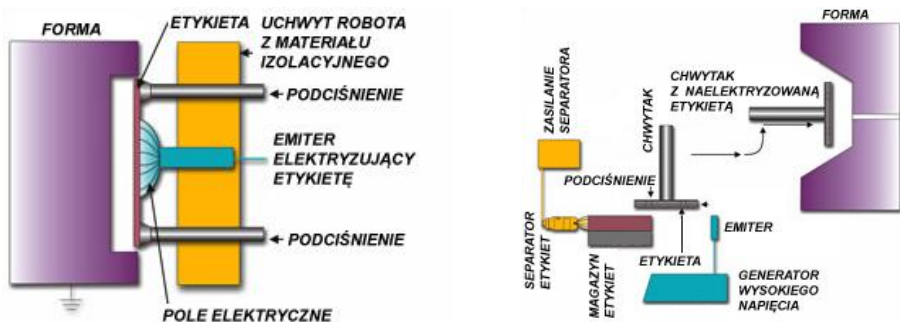
W metodzie podciśnieniowej etykieta zostaje pobrana z magazynu etykiet i wprowadzona do gniazda formującego przy pomocy współpracującego z wtryskarką robota, wyposażonego w odpowiedni uchwyt, najczęściej z przysawkami podciśnieniowymi (rys. 3) lub igłowy. Aby utrzymać etykietę w formie i nie dopuścić do jej przemieszczania się podczas zamykania formy i w fazie wtrysku, na styku powierzchni folii i gniazda formującego wytwarza się podciśnienie, korzystając z odpowiednio zaprojektowanych kanałów podciśnieniowych, prowadzących do gniazda formującego i współpracujących z dodatkowym oprzyrządowaniem stanowiska wtryskowego. Podciśnieniowy sposób utrzymywania etykiety w formie jest stosowany w przypadku gniazd formujących o skomplikowanej kształcie, ponadto wówczas, gdy wstępnie ukształtowana etykieta nie jest płaska oraz w sytuacji, kiedy w miejscu występowania etykiety znajduje się powierzchnia teksturowana [1, 5].



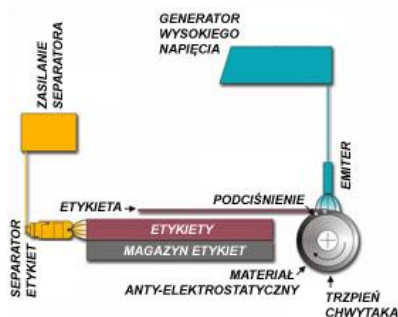
Rys. 3. Chwytak podciśnieniowy robota oraz forma wtryskowa z osadzonymi etykietami [7]

Pozycjonowanie etykiety metodą elektrostatyczną

W metodzie elektrostatycznej folia jest utrzymywana we właściwym miejscu w gnieździe formującym przy pomocy sił elektrostatycznych (rys. 4). Wymaga to wytworzenia odpowiedniej różnicy potencjału elektrycznego między etykietą a powierzchnią formy wtryskowej. Elektryczne naładowanie etykiet odbywa się przy pomocy generatora wysokiego napięcia prądu stałego (rzędu 30kV). Urządzenia uzupełniające niezbędne do pozycjonowania etykiety tą metodą są tańsze i prostsze w konstrukcji niż w metodzie próżniowej, jednak konieczne jest zachowanie szeregu warunków dodatkowych, gwarantujących poprawny przebieg całego procesu wtryskiwania z etykietowaniem w formie [1, 2, 5].



Rys. 4. Sposoby elektryzowania foliowej etykiety: u góry - nakładanej na powierzchnię płaską przy pomocy emitera zintegrowanego z chwytakiem podciśnieniowym, po prawej - nakładanej na powierzchnię płaską przy pomocy zewnętrznego emitera punktowego, u dołu - nakładanej na pojemnik o przekroju okrągłym przy pomocy zewnętrznego emitera punktowego [2, 5]



Podstawowe warunki to odpowiednie właściwości izolacyjne materiału etykiety (m.in. opór właściwy), umożliwiające utrzymanie ładunku elektrostatycznego przez wystarczająco długi okres czasu oraz konieczność zapewnienia właściwej izolacji elementów formy, maszyny i oprzyrządowania dodatkowego (między innymi robota podającego etykiety) przed wpływem nanoszonego i rozchodzącego się ładunku elektrostatycznego. Może on powodować między innymi zakłócenia w działaniu szeregu czujników, znajdujących się w formie wtryskowej, monitorujących przebieg procesu wtryskiwania. Etykieta zostaje pobrana z magazynku etykiet przez robota, wyposażonego w specjalny chwytak podciśnieniowy w kształcie trzpienia dopasowanego do kształtu etykiety, a następnie zostaje naelektryzowana przez końcówkę roboczą urządzenia generującego ładunek elektrycz-

ny. Utrzymywanie etykiety na trzpieniu chwytaka podczas przekazywania jej ładunku elektrycznego odbywa się przy pomocy podciśnienia, bowiem trzpień chwytaka posiada specjalne kanały podciśnieniowe, a jednocześnie jest pokryty warstwą porowatego materiału o właściwościach antystatycznych [10]. Po wprowadzeniu chwytaka do gniazda formującego następuje redukcja podciśnienia, a różnica potencjału elektrycznego między naelektryzowaną etykietą a uziemioną formą wtryskową powoduje powstanie siły elektrostatycznej stabilnie utrzymującej etykietę w gnieździe formującym w czasie wystarczającym do przeprowadzenia wtrysku tworzywa do formy [1, 5, 9]. Elektrostatyczną metodę utrzymywania stosuje się w przypadku etykiet o małej grubości, nakładanych na powierzchnie płaskie, nie posiadające tekstury [1, 5, 12].

Istnieją dwa sposoby elektryzowania folii. W pierwszym z nich, określanym niekiedy jako standardowa metoda ładowania, element przekazujący ładunek elektryczny jest konstrukcyjnie związany z chwytakiem robota. Drugi sposób polega na tym, że ładunek elektryczny jest przekazywany na etykietę osadzoną na trzpieniu chwytaka z zewnętrznego emitera, w postaci pręta lub belki, w stosunku do której przemieszcza się ramię robota, unoszące etykietę przy pomocy podciśnienia wytwarzanego w trzpieniu chwytaka [2, 5, 12].

Materiały na etykiety

Materiałem na etykiety jest folia o grubości od 15 do 80 μm , najczęściej z polipropylenu lub polistyrenu (rys. 5). Uzasadnione jest stosowanie na etykietę tego samego tworzywa, z którego jest wykonana wypraska, co jest korzystne z uwagi na możliwość późniejszego wtórnego przetwórstwa. W celu zwiększenia wytrzymałości połączenia między etykietą a wypraską folia powinna mieć chropowatą powierzchnię od strony styku z tworzywem wtryskiwanym. Niekiedy, jeśli materiał etykiety oraz wypraski jest inny, stosuje się dodatkową warstwę klejową, która jest aktywowana ciepłnie. W sytuacji, w której etykieta nie jest jednorodna i może zawierać elementy przewodzące prąd elektryczny (specjalne rodzaje tuszów i farb drukarskich, folie metalowe itp.), muszą one znajdować się po stronie styku etykiety z wypraską, a więc przeciwnej do tej strony, na którą oddziałuje emiter ładunku elektrostatycznego [1, 5, 9].

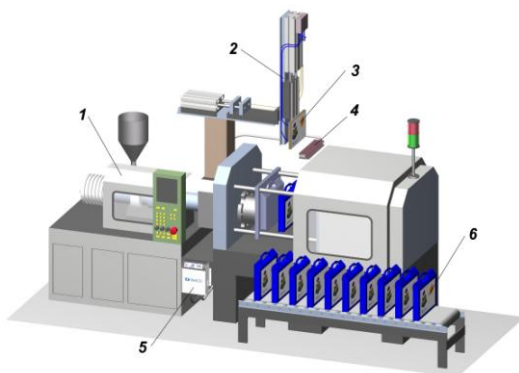


Rys. 5. Przykłady etykiet łączonych z wypraskami metodą In-Mould Labeling [8]

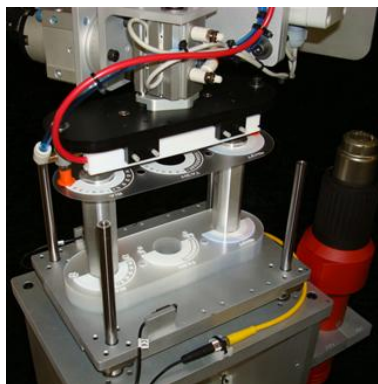
STANOWISKO DO WTRYSKIWANIA Z ETYKIETOWANIEM W FORMIE

Do wtryskiwania z etykietowaniem w formie wykorzystywane są wtryskarki uniwersalne [3, 6], wyposażone w typowy układ narzędziowy (rys. 6), natomiast w celu zwiększenia wydajności często są to maszyny z układem narzędziowym typu tandem. Niezależnie od rozwiązania konstrukcyjnego wtryskarki przeznaczone do etykietowania w formie muszą posiadać wyposażenie dodatkowe, w skład którego, w zależności od sposobu utrzymywania etykiety w formie, wchodzi: generator wysokiego napięcia wraz z emiterym zewnętrznym lub emiterym zintegrowanym z chwytakiem podciśnieniowym robota, urządzenie do wytwarzania podciśnienia wraz z niezbędną instalacją, a stanowisko magazynowania etykiet z oprzyrządowaniem dodatkowym (na przykład dyszami separującymi, które przeciwdziałają sklepaniu się etykiet) oraz zestaw robotów służących do umieszczania etykiet w formie wtryskowej i usuwania gotowych wyprasek [2, 5, 12].

W przypadku podciśnieniowego mocowania etykiet w gnieździe formy niezbędna jest forma wtryskowa o specjalnej konstrukcji, posiadająca kanały umożliwiające wytworzenie podciśnienia między powierzchnią etykiety a ścianką gniazda formującego. Przy elektrostatycznym mocowaniu etykiet foliowych można stosować klasyczne formy wtryskowe, należy je jednak prawidłowo uziemić [2, 5, 10]. Na rys. 7 przedstawiono jeden z typów magazynów na etykiety.



Rys. 6. Schemat stanowiska do wtryskiwania z etykietowaniem w formie: 1 – wtryskarka, 2 – robot podający etykiety, 3 – etykieta, 4 – zewnętrzny emiter listwowy, 5 – generator wysokiego napięcia, 6 – gotowa wypraska z etykietą [12]



Rys. 7. Magazyn z precyzyjnym pozycjonowaniem etykiety na trzpieniach prowadzących współpracujący z chwytakiem podciśnieniowym zintegrowanym z emiterym listwowym [11]

ZALETY I WADY

Wtryskiwanie z etykietowaniem w formie cechuje szereg zalet, wśród których za najważniejsze uważa się trwałość uzyskanego zdobienia oraz skrócenie czasu

wytwarzania i związane z tym wyraźne obniżenie kosztów produkcji (rzędu 40%) [1, 4, 14]. Umieszczenie folii bezpośrednio w gnieździe formującym wypraskę i trwałe związanie się z nią w procesie wtryskiwania eliminuje konieczność kolejnych operacji technologicznych, jakie są konieczne przy etykietowaniu metodami tradycyjnymi. Pozwala to na skrócenie czasu wytwarzania i obniża jego koszty, a w przypadku opakowań umożliwia także zachowanie większej czystości i sterylności produkcji [1, 4, 5, 14].

Przygotowywana folia może mieć naniesiony wielokolorowy wzór graficzny o jakości porównywalnej do fotograficznej wraz z bardzo czytelnym liternictwem, co jest niemożliwe do osiągnięcia innymi metodami. Nadruk na folię do etykietowania jest наносzony na jej wewnętrzną stronę przy pomocy typowych metod drukowania, w związku z czym po wtrysnięciu tworzywa do formy wtryskowej powierzchnia zadrukowana styka się bezpośrednio z materiałem tworzącym wypraskę wtryskową. Dzięki temu wzrasta trwałość naniesionego wzoru, bowiem folia zabezpiecza warstwę graficzną przed zarysowaniem lub otarciem, zmniejsza efekty starzenia, jednocześnie będąc zdecydowanie mniej podatną na odklejanie się od pojemnika. Oprócz zachowania atrakcyjności wizualnej ma to szczególne znaczenie przy utrzymaniu trwałości nanoszonych treści informacyjnych, takich jak kody paskowe, instrukcje obsługi, warunki bezpiecznego użytkowania, znaki ostrzegawcze, symbole czy logo, nazwy własne lub znaki firmowe [1, 2, 5, 9].

Wykorzystując tę metodę można pokrywać folią całą powierzchnię pojemnika, co jest utrudnione podczas nanoszenia wzorów graficznych przy pomocy drukowania, na przykład metodą druku tamponowego tworzyw. Ponadto istnieje możliwość umieszczania różnych etykiet, odmiennych na poszczególnych ściankach pojemnika. Metoda wtryskiwania z etykietowaniem jest także szczególnie przydatna przy konieczności zachowania narzucanej przez wymogi rynkowe elastyczności produkcji i wynikającej z niej dużej zmienności wzornictwa oraz przy krótkich seriach produkcyjnych [2, 5, 9]. W metodzie wtryskiwania z etykietowaniem wskazane jest, żeby folia była z tego samego tworzywa, z jakiego wykonywana jest wypraska wtryskowa, wówczas taki element jest zdecydowanie bardziej podatny na recykulację. W początkowym okresie rozwoju tej metody wtryskiwania etykiety były wykonywane także z papieru, jednak z punktu widzenia możliwości recykulacji takiej wypraski było to bardzo niekorzystne. Bardzo duże znaczenie ma także fakt braku substancji wiążących etykietę z wypraską (na przykład klejów), których usunięcie jest procesem ponoszącym czasochłonność i koszty wtórnego przetwórstwa [1, 4, 14].

Najczęściej wymieniane wady wtryskiwania z etykietowaniem w formie to konieczność modyfikacji konstrukcji formy wtryskowej oraz stosowania kosztownych urządzeń pomocniczych. W podciśnieniowej odmianie wtryskiwania z etykietowaniem wzrasta koszt wykonania formy wtryskowej, która musi posiadać sieć kanałów współpracujących z dodatkowymi urządzeniami pomocniczymi, wytwarzającymi podciśnienie niezbędne do stabilnego utrzymania etykiety w gnieździe formy wtryskowej. Kanały mogą powodować nierównomierność tem-

peratury formy i ścianek gniazda formującego, ponadto muszą mieć ściśle zdefiniowane wymiary, aby nie doprowadzać do zniekształcenia powierzchni folii tworzącej etykietę. Z drugiej strony – folia tworząca etykietę musi mieć odpowiednią grubość i wytrzymałość, aby nie dochodziło do jej odkształcenia w momencie wprowadzenia do gniazda formującego i wytworzenia podciśnienia. Mając na uwadze zapewnienie prawidłowego przebiegu procesu konieczne jest występowanie w formie wtryskowej czujnika reagującego na brak etykiety w formie, mającego za zadanie zatrzymać maszynę przed rozpoczęciem fazy wtrysku tworzywa do gniazda formującego. W przeciwnym wypadku grozi to zalaniem kanałów podciśnieniowych ciekłym tworzywem, skutkując koniecznością demontażu formy i długiego, kosztownego czyszczenia [1, 5, 6].

W elektrostatycznej odmianie wtryskiwania z etykietowaniem pojawia się konieczność odpowiedniego izolowania elementów formy i mechanizmów wprowadzających folię do gniazda formującego, ponadto istnieje ryzyko przeskoków łuku elektrycznego, mogącego przebić folię oraz doprowadzić do uszkodzenia powierzchni gniazda formującego na skutek przypaleń. Ponadto impulsy elektromagnetyczne powstające w momencie wyładowań mogą zakłócać pracę układów komputerowych sterujących wtryskarką oraz współpracującym z nią robotem [9, 11, 13]. Należy zwracać uwagę na wilgotność powietrza w pomieszczeniu, w którym jest wykonywany proces wtryskiwania z etykietowaniem w formie, ponieważ zmiana wilgotności powietrza ma wpływ na wartość ładunku elektrostatycznego przenoszonego przez etykiety. Inny z wymogów to cechy materiału etykiety, bowiem folia stosowana do etykietowania musi mieć odpowiednie właściwości dielektryczne. Kolejnym z utrudnień jest konieczność unikania w konstrukcji gniazda formującego, elementów formy i oprzyrządowania dodatkowego części o ostrych krawędziach lub wystających fragmentach, na których mogą nadmiernie gromadzić się ładunki elektryczne. Następne z wymagań to gładka powierzchnia gniazda formującego, bez tekstury, bowiem jej występowanie wyraźnie pogarsza możliwości stabilnego utrzymania folii do etykietowania przy pomocy ładunków elektrostatycznych [5, 10, 12].

PODSUMOWANIE

Wtryskiwanie z etykietowaniem w formie jest obecnie podstawową metodą wytwarzania opakowań na produkty żywnościowe, chemię użytkową i lekarstwa. Jest szczególnie przydatne do nanoszenia etykiet na przedmioty o nieskomplikowanych kształtach i płaskich powierzchniach, dla których nie stawia się wysokich wymagań odnośnie precyzji umieszczenia etykiety na właściwej powierzchni pojemnika. Tą metodą można nakładać etykiety na wypraskach o przekroju owalnym na całym obwodzie, natomiast na wypraskach o przekroju w kształcie wieloboku etykiety mogą być nakładane na każdym z boków oraz dnie.

Folie nakładane przy pomocy wtryskiwania z etykietowaniem w formie są związane bardzo trwale z pojemnikiem, tworząc z nim praktycznie jednorodną

powierzchnię, bez możliwości rozwarstwienia i usunięcia etykiety. Nanoszony wcześniej na folię wzór graficzny ma jakość nieporównywalnie lepszą niż nadruk na tworzywie wykonywany innymi metodami, na przykład drukiem tamponowym lub drukiem termicznym, jest także odporniejszy na uszkodzenia mechaniczne i starzenie. W chwili obecnej ponad 80% opakowań, które są wykonywane w procesie wtryskiwania, od razu jest etykietowanych w formie.

Połączenie w jeden proces wytworzenia wypraski i złączenia z nią uprzednio przygotowanej etykiety, oprócz wymienionego wcześniej wyraźnego poprawienia właściwości użytkowych gotowego wytworu, wyraźnie skróciło czas trwania procesu produkcyjnego i pozwoliło na zwiększenie stopnia jego automatyzacji i robotyzacji. Zmniejszenie ilości poszczególnych stanowisk technologicznych skutkuje także obniżeniem zużycia energii oraz przestrzeni roboczej zajmowanej przez kompletną linię technologiczną wytwarzania pojemników.

Wymienione wyżej czynniki wpływają znacząco na wciąż postępujący rozwój technologii łączenia etykiet bezpośrednio na etapie wykonywania pojemnika, czego przykładem są metody wytwarzania pojemników w postaci butelek i kanistrów takie jak wytlaczanie z rozdmuchiowaniem i wtryskiwanie z rozdmuchiowaniem, w których stosuje się również etykietowanie w formie.

PIŚMIENNICTWO

1. Bociąga E.: Specjalne metody wtryskiwania tworzyw polimerowych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.
2. Chawick A.: Elektryczność statyczna – korzyści dotyczące etykietowania w formie (In-Mould Labelling). Wersja elektroniczna z portalu Opakowania.Biz (www.opakowania.biz).
3. Johannaber F.: Injection Molding Machines. A User's Guide 4th Edition. Hanser Publications, Cincinnati 2007.
4. Makely W.: Popularity grows for in-mold labels: in a world where pressure-sensitive labels dominate, technical advancements offer growth opportunities for IML. Food & Drug Packaging, 10, 2002. Wersja elektroniczna z portalu Bnet (www.findarticles.com).
5. Shelton S. E.: In-Mold Labeling. Electrostatics Are the Way to Go. Plastics Technology 2004, 4. Wersja elektroniczna z portalu Simco Ion (www.simco-ion.com).
6. Sikora R.: Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych. Wydawnictwo Edukacyjne, Warszawa 1993.
7. Strona internetowa Dopak (www.dopak.pl).
8. Strona internetowa Google. Biblioteka grafik dla hasła: In-Mould Labeling (www.google.com).
9. Strona internetowa IML Technologies (www.iml.se).
10. Strona internetowa Meech (www.meech.com).
11. Strona internetowa Robotic Automation Systems (www.roboticautomation-systems.com).
12. Strona internetowa Simco (www.simco-static.com).
13. Strona internetowa Wittmann (www.wittmann-robot.com).

14. Toensmeier P. A.: In-Mold Labeling Looks to High-Output Molds for Growth. Wersja elektroniczna z portalu Moldmaking Technology (www.moldmakingtechnology.com).

LABELING - METHOD OF PRODUCTION OF PLASTIC PARTS WITH SPECIAL SURFACE PROPERTIES

Summary

General information about one of special methods of injection molding, such as In-Mold Labeling have been presented in this article. Principles of this polymer processing method have been characterized. Also different ways of taking and positioning the labels into the mold have been described. Construction's details of injection station using In-Mold Labeling method have been presented also necessary machines and devices have been showed. Most important advantages and disadvantages of In-Mold Labeling method have been described as well with most important areas of application of plastic parts manufactured by this special method of injection molding.

Keywords: polymer processing, injection molding, In-Mold Labeling.