

## Termoformowanie – nie tylko opakowania

Termoformowanie jest najstarszym i najtańszym sposobem przetwarzania tworzyw termoplastycznych. Termoformowaniem nazywa się proces technologiczny, w którym z płaskich folii lub płyt, zamocowanych w specjalnych ramach napinających i podgrzanych wstępnie do określonej temperatury charakterystycznej dla danego tworzywa, formuje się produkty o określonych kształtach. Technologia termoformowania zastępuje w znacznym stopniu technologię wtrysku. Metodą tą można wytwarzać wyroby o bardzo małej grubości ścianki (rzędu setnych części mm) i o znacznych gabarytach (rzędu kilku m<sup>2</sup>). Stosunkowo tanie i wysoko wydajne przetwórstwo sprawia, że termoformowanie jest powszechnie wykorzystywane zarówno w produkcji opakowań, jak i produktów wielkogabarytowych. Oferowane rozwiązania techniczne przewidują wiele różnorodnych wariantów: od produkcji jednostkowej i prototypowej do masowej skali wielkoprzemysłowej. Podczas termoformowania mamy do czynienia z dwiema podstawowymi operacjami: ogrzewaniem półfabrykatu i jego kształtowaniem (formowaniem). Poddawany obróbce materiał zamocowany jest na obrzeżu w uchwytych igłowych. Ogrzewanie elektryczne zapewniają promienniki zlokalizowane po jednej lub obu stronach poddanego obróbce materiału. Czas ogrzewania wymagany do uzyskania odpowiednio miękkiego półfabrykatu zależy od rodzaju polimeru, grubości i koloru. Rodzaj polimeru i ewentualne wypełnienie wiążą się z różnym przewodnictwem cieplnym obrabianego termicznie materiału. Białe płyty trudniej pochłaniają promieniowanie cieplne w podczerwieni i wymagają dłuższego okresu ogrzewania *niż ciemno zabarwione elementy*. W etapie formowania wyróżnia się trzy podstawowe kategorie: termoformowanie próżniowe, ciśnieniowe lub mechaniczne. Na ogół stosuje się równocześnie kategorie mieszane, co sprzyja lepszej wydajności i jakości uzyskanego kształtu.

Termoformowanie elementów/części wielkogabarytowych ma wyraźną przewagę nad technologią wtrysku, gdyż proces wykonuje się na stosunkowo tanich urządzeniach i formach, w warunkach stosunkowo niskich temperatur przetwórstwa i ciśnienia. Tolerancje wymiarowe nie są jednak tak wąskie jak przy wyrobach wtryskowych i dokładność wykonania jest nieco gorsza. Jest oczywiste, że rozciąganie termoformowanej płyty powoduje znaczne różnice grubości materiału i przecienienia w miejscach głębokiego tłoczenia. Proces ten jest kontrolowany, a dopuszczalne odchyłki ustalane podczas projektowania wyrobu i oprzyrządowania oraz doboru technologii formowania.

Procesy termoformowania różnią się sposobem podawanego ciśnienia na formowany arkusz płyty lub folii, stąd wyróżnić możemy dwie metody:

- formowanie próżniowe (podciśnieniowe),
- formowanie ciśnieniowe (nadciśnieniowe),

W pierwszym przypadku formowanie odbywa się przez wymuszenie odkształcenia arkusza folii lub płyty przy pomocy próżni a w drugim przypadku pod ciśnieniem zastępowane jest przez sprężone powietrze. Zarówno formowanie próżniowe i ciśnieniowe może odbywać się

w formach negatywowych jak i pozytywowych, bez wstępnego rozciągania i ze wstępnym rozciąganiem.

Podczas termoformowania, jak wspomniano powyżej, wykorzystuje się:

- formy negatywowe (dokładne odwzorowanie faktury formy oraz wymiarów ma miejsce po stronie zewnętrznej wyrobu),
- formy pozytywowe (dokładne odwzorowanie faktury formy oraz wymiarów ma miejsce po stronie wewnętrznej wyrobu).

Technologia termoformowania nie wymaga tak kosztownych maszyn, jak formowanie wtryskowe czy metodą RTM. Główny koszt tej metody stanowią formy, co jest istotnym ograniczeniem produkowanego asortymentu wyrobów. W zależności od aplikacji istotna jest technika przygotowania formy i jej materiał, z którego będzie ona wykonana. Od kilkunastu lat, aby uprościć technikę wykonywania form próżniowych jako materiał na formy wprowadza się nowe specjalne żywice narzędziowe: epoksydowe, poliuretanowe i metakrylowe. Główne typy stosowanych obecnie form to:

Formy pełne – do krótkich i średnich serii produkcyjnych wyrobów „wypukłych”

Formy laminowane – do produkcji średnioseryjnej dla elementów z zagłębieniami i niszami.

Wymienić można następujące zalety termoformowania:

- możliwość wytwarzania wyrobów o bardzo małej grubości ścianek i o znacznych gabarytach,
- niski koszt form, co zmniejsza ryzyko przy uruchamianiu nowej produkcji,
- **niski koszt form, co pozwala na produkcję krótkich serii lub modeli do seryjnej produkcji**
- **termoformowanie laboratoryjne – badania nowych konstrukcji folii, np. folii biodegradowalnych,**
- możliwość stosowania form wielokrotnych, zwiększających wydajność produkcji,
- znaczna swoboda wyboru surowca do formowania.

Natomiast do wad tej technologii zaliczyć należy:

- wysokie ceny surowca - ceny płyt i folii są ok. 100% wyższe od cen granulatu,
- powstawanie znacznych odpadów poprodukcyjnych przy obcinaniu (okrawaniu), których nie da się bezpośrednio zagospodarować w tej technologii,
- nierównomierności w grubości ścianek wyrobu,
- pocienienia w narożach,
- brak możliwości wykonania w jednej operacji otworów oraz gwintów,
- konieczność wykonywania obróbki wykańczającej (obcinanie obrzeży, wiercenie otworów itp.).

Tworzywa stosowane, które wykorzystuje się do termoformowania muszą spełniać następujące wymagania:

- posiadać szeroki zakres temperatur, w którym możliwe jest termoformowanie,
- umożliwiać uzyskanie odpowiedniej głębokości formowania: H/D (stosunek wysokości formowania do średnicy),

- powinny dobrze płynąć, dokładnie wypełniać zagłębienia i układać się na krawędziach formy,
- folie lub płyty powinny charakteryzować się jednorodnością materiału w całym przekroju (bez pęcherzy), wtrąceń, dziur, **mieć jednorodną powierzchnię** i stałą grubość
- powinny ulegać pod wpływem ogrzewania całkowitemu i równomiernemu zmiękczeniu tak, aby można było formować wyroby przy nadciśnieniach lub różnicy ciśnień rzędu 1 bara (0,1 MPa),
- mieć odpowiednią wytrzymałość cieplną, aby powierzchnia folii nie ulegała uszkodzeniu termicznemu podczas nagrzewania,
- zachować kształt po formowaniu i wytrzymałość wynikającą z cech materiału wyjściowego.

W zależności od wymagań stawianych produktom (wytrzymałość mechaniczna, odporność chemiczna, odporność na starzenie atmosferyczne, transparentność, głębokość tłoczenia, akceptowana cena) do termoformowania wykorzystywane są płyty półfabrykatów przygotowane z różnych tworzyw termoplastycznych. Niektóre tworzywa termoplastyczne wymagają wstępnego suszenia przed operacją przetwórstwa. Należą do nich: ABS, ASA, PMMA, PA, PC, PSU, PES i PET. Temperatura i czas suszenia zależą od rodzaju i grubości tworzywa. Wykończenie spodniej powierzchni płyt systemem „easyglide” ułatwia formowanie produktów i zmniejsza rozrzut grubości podczas głębokiego tłoczenia. Standardowo stosuje się zabezpieczenie powierzchni zewnętrznej termoformowanych płyt folią ochronną, usuwaną dopiero po montażu gotowego wyrobu w docelowym miejscu. Wyroby sanitarne produkowane są z płyt zawierających w warstwie zewnętrznej dodatki antybakteryjne. Tolerancje grubości półfabrykatów określają normy. Coraz częściej wykorzystywane są płyty:

- z mieszanin polimerowych: PC + ABS, PC + PBT, PC + ASA,
- wielowarstwowe: ABS/PMMA, ABS/ASA, ABS/PVC, ABS/PMMA, PS/PE, PP/PP napełniony, PP/EVA, PETG/PETA/PETG, PETG/PP,
- wysokobarierowe: PS/EVOH/PE, PE/EVOH/PE, PP/EVOH/PP, PP/EVOH/PA.

Do termoformowania wyrobów wielkogabarytowych stosuje się folie sztywne o grubości 2÷4 mm lub płyty o grubości 3÷15 mm.

Cechy charakterystyczne typowych tworzyw wykorzystywanych w technologii termoformowania :

#### Octan i maślan celulozy

Typowe grubości folii: 0,127 – 0,50 [mm]. Materiał łatwo formowany próżniowo, a wyroby cechują się dobrą wytrzymałością i ładnym wyglądem. Cykle produkcyjne są krótkie i ekonomiczne. Najlepsze rezultaty otrzymuje się przez szybkie ogrzewanie grzejnikiem o temperaturze ok. 550 °C

#### Polietylen

Typowe grubości folii: 0,127-0,75 [mm]. Materiał łatwo formowalny, zarówno pozytywno jak i negatywno. Niska wytrzymałość cieplna. Wolno się ogrzewa i oziębia. Cykl ogrzewania

musi być ściśle przestrzegany. Wypraski otrzymywane w chłodzonych formach wykazują po uformowaniu. Zalecana temperatura grzejników: 550 – 650 [°C]. Występują trudności przy cięciu i wyrównywaniu, ze względu na giętkość materiału.

#### Polistyren modyfikowany

Typowe grubości folii: 0,25 – 1,02 [mm]. Doskonale nadaje się do trudnego ciągnięcia. Łatwy do wykończenia. Sposób ogrzewania i temperatury zależą od stopnia zmodyfikowania.

#### Polistyren orientowany

Typowe grubości folii: 0,127 – 0,254 [mm]. Łatwo się formuje. Kształty ze szczegółami nisko umieszczonymi można formować zwykłymi metodami próżniowymi.

#### Polichlorek winylu (miękki)

Formuje się łatwo z folii o grubościach 0,127 – 0,254 [mm]. Wymagana jest ścisła kontrola temperatury nagrzewania i formy. Ogrzewanie powinno być w miarę krótkie. Ważne jest szybki i całkowite usuwanie powietrza. Zamknięte szczegóły wymagają stosowania specjalnej techniki. Nadaje się na opakowani skórkowe.

#### Polichlorek winylu (twardy)

Formuje się łatwo z folii o grubościach 0,25 – 0,50 [mm]. Wymagana ścisła kontrola temperatury nagrzewania i formy. Ogrzewanie powinno być w miarę krótkie. Można łatwo formować nadrukowane arkusze, bez deformowania nadruku, jak również odtwarzać dobrze szczegóły formy dzięki dobrej stabilności wymiarowej tworzywa.

### **Zastosowanie**

Największym odbiorcą wyrobów termoformowanych są zakłady produkujące chłodziarki (komory wewnętrzne, drzwi, pojemniki, półki) oraz wszelkiego rodzaju opakowania (do napojów, tace, pudełka itp.). Drugim z kolei jest przemysł motoryzacyjny i lotniczy, gdzie z ABS wykonywane są nadwozia, deski rozdzielcze, wewnętrzne części drzwi, elementy foteli, schowki itp. W przemyśle elektrotechnicznym wykonuje się metodą formowania próżniowego elementy izolacyjne maszyn elektrycznych, obudowy i pokrywy. Także podświetlane znaki drogowe z tworzyw akrylowych są wykonywane tą metodą. Z innych dziedzin można wymienić: produkcja łodzi, wyposażenia wagonów kolejowych i statków, walizek, wózków dziecięcych, zabawek, mebli, umywalk, brodzików, elementów dekoracyjnych, **elementów scenografii, obudów maszyn, elementow worków stomijnych**, elementów medycznych i wielu innych dużych elementów, których wykonywanie innymi metodami jest nieoptyczne

### **Termoformierki**

Maszyny stosowane w technologii termoformowania próżniowego, ciśnieniowego lub ciśnieniowo - próżniowego to termoformierki. Wyróżniamy termoformierki o dużym polu formowania (głównie do termoformowania próżniowego płyt do grubości 10-12 mm, polu powierzchni do 3000 mm x 2000 mm x 1000 mm) lub termoformierki do folii twardych (folie o grubościach 0,2 mm – 2 mm) i polu max 900 mm x 500 mm do głębokości termoformowania 200 mm w technologii termoformowania ciśnieniowo – próżniowego. Producenci maszyn oferują różne rozwiązania podgrzewania termoformowanych tworzyw,

gdzie płyty grzewcze zaopatrzone są w elektryczne promienniki ceramiczne, kwarcowe bądź halogenowe emitujące promieniowanie podczerwone. **Płyty mają konstrukcję typu „sandwich”, pozwalającą na jednoczesne ogrzewanie materiału od góry i od dołu.** Promienniki ceramiczne charakteryzuje prosta konstrukcja, duża odporność mechaniczna, odporność chemiczna, niska cena, łatwość regulacji i długi okres użytkowania, określany na 10 000 godzin. Promienniki ceramiczne emitują fale elektromagnetyczne w przedziale długości 300÷500 nm. Oprogramowanie sterowania grzałkami i regulacja strefowa temperatur umożliwiają kontrolowany i powtarzalny proces podgrzewania tworzywa przed operacją formowania. Część grzałek (tzw. grzałki sterujące) ma wbudowane termoelementy, umożliwiające strefowe kontrolowanie temperatur. Jednocześnie podgrzewane są dwustronnie całe powierzchnie poddawanej obróbce płyty tworzywa. Moc grzałek zainstalowanych od dołu jest mniejsza o ok 40%. Rozwiązania techniczne zapewniają skrócenie do minimum czasu pomiędzy uzyskaniem temperatury tworzywa wymaganej do termoformowania a rozpoczęciem kształtowania wyrobu. Obudowa strefy roboczej musi zapewnić równomierne temperatury procesu przetwórstwa. Promieniowanie podczerwone emitowane przez promienniki kwarcowe i halogenowe ma nieco niższe długości fal w porównaniu do otrzymywanego od promienników ceramicznych. W celu równomiernego rozciągnięcia poddającej się odkształceniom, gorącej i plastycznej płyty kształtowanego tworzywa można stosować dolny nadmuch, formujący „bańkę” do określonej wysokości, kontrolowanej przez pomiar czujnika optycznego. Formowanie odbywa się przez odpowiednie zastosowanie próżni lub nadciśnienia z jednej lub obu stron płaszczyzny półfabrykatu. Odpowiednio dobrany kształt stempla ułatwia formowanie niesymetrycznie wyoblonych części produktu. Wykorzystuje się sprężone powietrze o określonym ciśnieniu. Przy formowaniu próżniowym stosuje się zbiorniki wyrównawcze o objętości porównywalnej z objętością roboczą urządzeń formujących, połączone z pompami próżniowymi. Ma to na celu uzyskanie wymaganego podciśnienia w możliwie krótkim czasie. Formowanie próżniowe wymaga podgrzania półfabrykatów do temperatury formowania wyższej o 10÷30°C w porównaniu do formowania ciśnieniowego. Średnice otworów napowietrzania ciśnieniowego są nieco mniejsze niż otwory próżniowe w narzędziach formujących i zależą od rodzaju polimeru. Urządzenia pozwalają również na próżniowe laminowanie dużych powierzchni (np. drzwi) foliami termoplastycznymi z naniesionym uprzednio nadrukiem. Inne zastosowanie urządzeń do termoformowania to wykonywanie brył przestrzennych, o powierzchniach trwale połączonych ze sobą na obwodzie. W tym celu wykorzystywane są formy dwuczęściowe, z ramą pośrednią, umożliwiające jednoczesne wprowadzenie dwóch podgrzanych płyt z tworzywa termoplastycznego. Po formowaniu próżniowym lub ciśnieniowym, z jednoczesnym procesem zgrzewania obrzeży, powstaje produkt o podwójnych ściankach (np. deski surfingowe, zderzaki lub samochodowe zbiorniki paliwowe). W tej technologii można dodatkowo wykorzystywać płyty nie tylko o różnych grubościach, ale i kolorach.

Chłodzenie gotowego wyrobu w formie następuje poprzez oddanie ciepła do otoczenia w wyniku nawiewu zimnego powietrza przez wentylatory z dyszami strumieniowymi i odbiór

ciepła przez formę. Czasem w procesie chłodzenia wykorzystywany jest natrysk mgły wodnej na powierzchnię gorącego wyrobu, ale to rozwiązanie wpływa na proces korozji elementów metalowych, znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie. Schłodzenie wyrobu zabezpiecza przed jego odkształceniami podczas zdejmowania i odkładania. Chłodzeniu podlega również przestrzeń zawierająca elementy zaciskowe, prowadzące termoformowaną folię sztywną lub płyty. Ma to na celu zapewnienie dokładnego utrzymania pozycji półfabrykatu podczas operacji formowania. Czas chłodzenia, podobnie jak czas ogrzewania, zależy od rodzaju tworzywa, a konkretnie od przewodnictwa cieplnego.

## **Producenci**

**CRClarke & Company to niewielka rodzinna firma, założona przez Chrisa Clarke'a w 1974 roku, skupiająca się na segmencie termoformierek przeznaczonych dla szkół i uczelni technicznych oraz laboratoriów.**

**W konsekwencji prac nad ochroną środowiska i poszukiwaniem nowych rozwiązań w przemyśle opakowaniowym termoformierki laboratoryjne są wykorzystywane przez producentów folii do badania konstrukcji folii biodegradowalnych.**

**Termoformierki typu 725FLB są najczęściej wybieranym modelem, takie urządzenia znajdują się na kilku uczelniach technicznych, wykorzystywane są do nauki i rozpowszechniania wiedzy na temat obróbki tworzyw sztucznych.**

**Najnowszym wprowadzonym na rynek urządzeniem jest termoformierka do produkcji elementów worków stomijnych.**

Firma ILLIG Maschinenbau GmbH jest od przeszło 70 lat znajduje się wśród czołowych producentem maszyn do termoformowania płyt i folii. W portfolio produkcyjnym firmy znajdują się urządzenia:

- typu UA do termoformowania płyt – są to maszyny wielkoformatowe z możliwością głębokiego formowania materiałów, przeważnie z arkuszy (z możliwością formowania także z roli) do 12 mm grubości. W zależności od potrzeb, wyposażenie maszyny pozwala na bardzo szybkie przebrojenie oprzyrządowania w formie pakietu oraz pracę z prędkościami rzędu 60-65 cykli na godzinę;
- typu RDM do termoformowania kubków do picia – są to maszyny RDM pracujące w systemie formowania i wycinania w jednej stacji. Głównym zastosowaniem tego typu maszyn jest produkcja kubków dla przetworów mlecznych takich jak jogurt, kefir; kubków do picia; innych produktów spożywczych jak masło, margaryna; kapsułki do kawy, herbaty i innych napojów. Maszyny RDM mogą służyć również do produkcji doniczek kwiatowych z możliwością wycinania otworów w dnie. W zależności od potrzeb produkcyjnych dobierane są odpowiednie konfiguracje linii. W tej grupie znajduje się również maszyna RDML 70b dekorująca kubki i opakowania spożywcze techniką etykietowania w formie (IML);

- maszyny typu RDKP, RV, RDK, RD do termoformowania opakowań spożywczych, technicznych, wytłoczek;
- maszyny typu SB do produkcji prostych wytłoczek,
- formierki butelek typ BF, która jest odpowiedzią firmy ILLIG na oczekiwania przemysłu mleczarskiego w zakresie nowych świeżych pomysłów na opakowania o nowatorskich kształtach przyciągających klientów. Maszyna może produkować butelki i opakowania dotychczas zarezerwowane dla technologii wtrysku lub rozdmuchu w formie.

Firma Geiss AG oferuje swoim Klientom termo formierki serii T. Jest to seria najlepiej sprzedających się maszyn o wysokiej wytrzymałości, gwarantująca możliwość formowania każdego rodzaju materiału do termoformowania z płyt o każdej możliwej grubości. System parametrycznego projektowania umożliwia skonstruowanie maszyny o dowolnych wymiarach w zakresie od 1000mm x 900mm i większych. Obszerna lista wyposażenia dodatkowego pozwala na dowolny stopień specjalizacji i automatyzacji. Podstawowa maszyna w standardzie wyposażona jest w napędy serwo dla stołu, ramy dociskowej i stempla górnego. W tego typu maszynie czas ruchu może zostać skrócony nawet o 2/3, w porównaniu do maszyn z napędami pneumatycznymi. Zwiększyło to nie tylko produktywność, ale również zmniejszyło zużycie energii, poprzez redukcję zużycia sprężonego powietrza. Nowa konstrukcja maszyny wprowadza jeszcze większą sztywność ramy. Seria U maszyn do termoformowania firmy Geiss AG to niezwykle kompaktowe maszyny o bardzo małych gabarytach. Ta seria uzupełnia serię T o maszyny o mniejszych wymiarach. Stół maszyny jest podnoszony pneumatycznie od dołu umożliwiając 300mm głębokość tłoczenia. Nie ma potrzeby stosowania podwyższenia dzięki optymalnej wysokości roboczej. Wszystkie maszyny wyposażone są w grzałki kwarcowe lub opcjonalnie w grzałki halogenowe. W użyciu znajduje się setki tysięcy tego typu elementów grzejnych. Duża szybkość nagrzewania pozwala maszynom do formowania próżniowego z jedną stacją na zdobycie dużego udziału w rynku. W fazie spoczynku przy najniższych nastawach są to jedne z najbardziej energooszczędnych elementów grzejne stosowane w maszynach do termoformowania. Halogenowe elementy grzejne mogą skrócić czas nagrzewania nawet o połowę. Wydajność maszyny z jedną stacją dorównuje wydajności maszynom z wieloma stacjami, gdzie moc każdej grzałki jest indywidualnie kontrolowana i umożliwia doskonałą adaptację do najbardziej wymagających aplikacji. Najniższa absorpcja przy długości fali 1 mikrometr pozwala na głębokie przenikanie oraz doskonałe nagrzewanie nawet bardzo grubych materiałów. Element grzejny „SPEEDIUM” oferowany przez firmę Geiss AG został specjalny opracowany, aby w znacznym stopniu zredukować wpływ koloru, a jednocześnie zwiększa efektywność nagrzewania. Pobór mocy, jak również czas nagrzewania, dla typowych zastosowań zostały znacznie zmniejszone, a wielokolorowe, zadrukowane arkusze wykonane z różnych termoplastów nie stanowią już żadnego problemu.

Firma Tepro w swoim portfolio oferuje automatyczną termoformierkę TESPRO806 - wysokowydajną termoformierkę przeznaczoną do produkcji opakowań z twardych folii termoplastycznych. W zależności od zastosowanej matrycy formującej maszyna może wytwarzać także tacki, pokrywki, opakowania zamykane typu „clamshell” itp. z wielu rodzajów tworzyw sztucznych takich jak np. PS, OPS, PET, PVC i ELM. Maksymalna grubość formowanej folii to aż 800 µm, a wymiary pola formującego to 790 x 560 mm. W zależności od stosowanej matrycy i rodzaju formowanej folii – maksymalna głębokość formowanego opakowania może osiągnąć 135 mm. Maszyna firmy TESPRO może być wyposażona w układarkę do automatycznego odbioru opakowań dającą pełną kontrolę nad wysokością i odstępami pomiędzy układanymi sztaplami opakowań.

Termoformierki próżniowe firmy TOOLS FACTORY półautomatyczne z załadunkiem ręcznym wyróżniają się zastosowaniem wielu nowoczesnych i innowacyjnych rozwiązań, takich jak:

- automatyczna diagnostyka każdej grzałki oraz najważniejszych podzespołów maszyny,
- wbudowany router przemysłowy ze zdalnym dostępem do urządzenia, umożliwiającą przeprowadzenie diagnostyki, wykonanie zdalnego serwisu, naprawienie błędów, poprawienie i optymalizację kodu receptur, zmianę wyglądu panelu HMI oraz dodawanie nowych funkcji,
- automatyczna regulacja rozmiarów pola formowania z panelu operatorskiego (bezstopniowa regulowana płyta dolnej),
- automatyczna regulacja rozmiarów ramy dociskającej (górną ramą),
- procentowa regulacja grzania każdego z promienników,
- automatyczne sterowanie procesem grzania i chłodzenia materiału poprzez wykorzystanie nowoczesnych pirometrów do bezkontaktowego pomiaru temperatury.

Każda maszyna firmy TOOLS FACTORY może być zaprojektowana oraz dopasowana do wymogów klienta oraz jego produktu tj.:

- wykorzystanie elementów pneumatyki jak i serwonapędów elektrycznych,
- medium grzania w termoformierkach może być zrealizowane poprzez wykorzystanie promienników halogenowych, ceramicznych czy kwarcowych,
- konstrukcja urządzenia umożliwia doposażenie jej w stempel (przeciw wzornik) gdzie ruch wertykalny realizowany jest poprzez serwonapęd elektryczny,
- **możliwość zastosowania jonizujących noży powietrznych, do usuwania ładunku elektrostatycznego i zanieczyszczeń z powierzchni pył lub folii oraz do usprawnienia separacji płyt,**
- w celu przyspieszenia procesu chłodzenia istnieje możliwość instalacji centralnego systemu chłodzenia wraz z dyszami kierunkowymi.

Firma Zemat oferuje w swoim portfolio niezawodne i łatwe w użyciu termoformierki próżniowe FORMA. Proces formowania jest efektywny i ekonomiczny zarówno przy małych jak i dużych partiach produkcji. Jednolita grubość ścianki jest możliwa do uzyskania przez



zastosowanie rozdmuchu przy formowaniu w pozytywie lub opcji stempla przy formowaniu w negatywie. Proces produkcji łączy w sobie najlepsze cechy formowania ciśnieniowego i próżniowego: wyjątkową precyzję oraz szybkość cyklu formowania. Termoformierki próżniowe FORMA służą do produkcji wysokiej jakości opakowań z tworzyw sztucznych i innych artykułów produkowanych z rolek folii termoplastycznych takich jak OPS, PVC, PET i innych termoformowalnych folii. Zautomatyzowane funkcje formierki, kontrolowane przez sterowniki pozwalają na optymalizację ustawień czasowych. Solidna konstrukcja wysoko obciążanych elementów maszyny zapewnia jej ciągłą pracę i długotrwałą wydajność produkcji. Termoformierki, w zależności od potrzeb produkcyjnych, są wyposażone w specjalistyczne moduły wykańczające. Każda formierka firmy Zemat może być również wyposażona w automatyczny odwijacz folii. Umożliwia on użycie większych i cięższych folii, szczególnie polecany jest do pracy z modułami FPP i FPN.

Natomiast firma PEX oferuje maszyny serii PEX D służą do wytwarzania wyrobów dla różnych dziedzin przemysłu: motoryzacyjnego, reklamowego, lotniczego, budownictwa i gospodarstwa domowego, tłoczenia wyrobów sanitarnych (brodziki, wanny) i przeznaczone są do formowania metodą próżniową różnych elementów z płyt termoplastycznych takich jak: PS, HIPS, ABS, PVC, PMMA o grubości do 16 mm, formowanie poliwęglanu. Wszystkie urządzenia pracują w systemie półautomatycznym. Termoformierki próżniowe serii PEX D wykonywane są na indywidualne zamówienie klienta i dostosowywane do jego potrzeb.

Termoformierki przeznaczone są do próżniowego formowania opakowań, typu blister z folii w rolce (do 1,5 mm), oraz formowania tworzyw sztucznych w postaci płyt o maksymalnym wymiarze 700mm x1000 mm i grubości do 6 mm, również formowanie poliwęglanu. Termoformierki próżniowe posiadają w podstawowej wersji możliwość wstępnego rozdmuchu materiału, co jest bardzo przydatne przy formowaniu wysokich elementów. Zmiana formy na termoformierkach PEX jest bardzo prosta i nie wymaga długiego czasu rozruchu nowego oprzyrządowania.

#### Literatura

<http://www.crclarke.co.uk/products/vacuum-formers> \*\*\*\*\*

<https://www.pex.biz.pl/oferta-podglad.php?id=1>

<https://www.tepro.pl/pl/strona-glowna/>

<http://tomir.com.pl/tomir-s-j>

<https://www.tworzywa.pl/news/aktualnosci/termoformowanie-wyrobow-wielkogabarytowych,665.html>

<https://www.geiss-ttt.com/produkte/thermoformanlagen>

<https://www.zemat.com/pl/inne-maszyny/termoformierki-forma>

<https://www.pex.biz.pl/ofirmie.php>

[http://infraform.pl/html/\\_wydarzenia.html](http://infraform.pl/html/_wydarzenia.html)

<http://www.kftechnologie.com.pl/firma.html>

materiały informacyjne firmy Geiss AG

<https://www.plastech.pl/wiadomosci/Kiefel-Termoformowanie-stalo-sie-prostsze-14356>

<http://www.kmpplastics.com.pl/index.php/termoformowanie-prozniowe.html>

<http://www.swiat-szklap.pl/kontakt/1544-termoformowanie-wyrobow-wielkogabarytowych-dla-budownictwa.html>

<http://www.tworzywa.pwr.wroc.pl/pl>