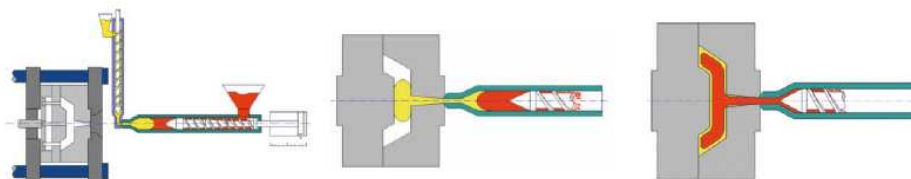




TECHNOLOGIA WTRYSKIWANIA TYPU MONOSANDWICH



Arkadiusz Jeran 2020

JERA \leftrightarrow TECH
PRZEDSTAWICIELSTWO

1. English summary	3
2. Wstęp	4
3. Cel pracy	5
4. Przebieg procesu monosandwich i jego analiza	6
4.1. Opis przebiegu wytwarzania	6
4.2. Przebieg procesu nabierania i wtryskiwania	7
4.3. Technologia monosandwich – wyposażenie maszyny	10
5. Kryteria doboru kombinacji materiałów	13
5.1. Przyczepność	15
5.2. Zależności temperaturowe tworzyw	16
5.3. Skurcz	17
5.4. Liniowa rozszerzalność cieplna	17
5.5. Lepkość	18
6. Czynniki wpływające na rozmieszczanie się tworzyw	19
6.1. Kombinacje tworzyw	20
6.2. Parametry procesu	21
6.3. Stosunek objętościowy materiałów	21
6.4. Natężenie przepływu wtrysku	22
6.5. Temperatura uplastyczniania tworzywa	23
6.6. Geometria wypraski	23
6.7. System doprowadzania tworzywa	28
7. Rozruch maszyny z monosandwich	31
7.1. Rozruch bez środków porujących	31
7.2. Rozruch z środkiem porującym	33
8. Symulacje jako środki pomocy	34
9. Kontrola jakości metodą tomografii komputerowej	36
10. Kalkulacja kosztów użytych tworzyw	37
11. Kombinacje procesów	38
11.1. Monosandwich w połączeniu z technologią “Fluidinjektion”	38
11.2. Monosandwich i porowaty rdzeń	40
11.3. Monosandwich i wtrysk wielokomponentowy	41
11.4. Monosandwich dla gniazd formy o specjalnej konstrukcji	43
12. Przykłady produkowanych seryjnie wyprasek w technologii monosandwich	45
13. Podsumowanie i wnioski	54
14. Literatura	62

1. English summary

The Monosandwich process is a simple variation of multi-component technology. Since it can significantly reduce manufacturing costs its popularity is growing. It is also an excellent value-added retrofit for machines already in service.

The characteristics of parts made with the monosandwich process are the result of combining different core and skin materials. The result is an economical way to manufacture functionally complex parts. The monosandwich process also offers manufacturers the cost-saving option of using recycled materials for the core and virgin material for the skin. The result: lower material costs for part with perfect, unblemished surfaces. Core material with a soft skin material can be given an easy-to-grip 'soft touch' surface.

Other material combinations can have vibration- or sound-absorbing properties (foam process). In the manufacture of electronic components, for example, there is growing trend towards producing parts which have an antistatic high grade polymer skin and a conventional, non-conductive core. This process has benefits for the auto part industry, consumer goods and electronics [9].

The monosandwich process is suitable for the following applications:

- hard-soft combination,
- electro-plated outer skin,
- load-bearing core components from reinforced material,
- high quality surface for painting etc.,
- core components made from reclaimed material.

2. Wstęp

Ogromny postęp techniczny przypadający na XX i XXI wiek, stawia przed ludzkością coraz to nowsze wyzwania w wielu dziedzinach nauki i przemysłu. Jedną z dziedzin wykorzystujących złoża ropy naftowej jest przetwórstwo tworzyw sztucznych. Tworzywa sztuczne oraz ich przetwarzanie jest dosyć młodą, lecz bardzo intensywnie rozwijającą się dziedziną przemysłu chemiczno-maszynowego. Przemysł ten zajmują się przetwarzaniem tworzyw pochodzenia sztucznego, tzn. przez polimeryzację wytwarzane są związki wielkocząsteczkowe. Należy rozumieć, że związki pochodzenia sztucznego są w większości wtórnie przetwarzalne, jednak nie wszystkie. Branża przetwórstwa tworzyw sztucznych, rozrasta się w nieprawdopodobnym tempie, celem zaspakajania potrzeb rynku. W następstwie wzrasta ilość odpadów, które stanowią ogromny problem rozwijającej się gospodarki. Oszczędności związane z produkcją detali z tworzyw sztucznych stają się dlatego priorytetowym zadaniem, stawianym producentom maszyn, producentom wyprasek jak i konsumentom. Istnieje wiele metod i technologii służących takim celom. Jedną z nich jest technologia polegająca na uzyskiwaniu wyprasek, których częścią składową jest tworzywo wtórnego pochodzenia. Dotyczy ona wyrobów, które nie mogą powstawać w całości z takich tworzyw ze względu na swoją estetykę, zastosowanie lub właściwości.

Technologia monosandwich jest specjalnie opracowanym procesem wtryskiwania wyprasek w technologii sandwich (wielowarstwowej). Rozwinięta została na początku lat 90-tych przez firmę Ferromatik Milacron GmbH (Niemcy) i od tego czasu jest skutecznie wykorzystywana w wielu zastosowaniach produkcji seryjnej wyrobów z tworzyw sztucznych. Technologia ta jest opatentowana przez firmę Ferromatik. Monosandwich stał się idealną metodą produkcji wyrobów składających się lub mających się składać z dwóch komponentów, które pełnią funkcję wypełnienia czyli rdzenia wypraski oraz jej warstwy przypowierzchniowej (wierzchniej).

3. Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest wykazanie, iż współczesne metody wtryskiwania elementów z tworzyw sztucznych, pozwalają na uzyskiwanie coraz to bardziej wyrafinowanych kombinacji łączonych ze sobą tworzyw. Praca ta skupia się na metodzie wtrysku dwóch komponentów, z wykorzystaniem tylko jednego agregatu wtryskowego. W pracy przedstawiono technologię monosandwich jako alternatywnego procesu do wtryskiwania dwukomponentowego, dzięki któremu można uzyskać zwiększenie jakości i atrakcyjności wytworów, których produkcja odbywa się w tych samych formach wtryskowych jak wytwory lite, ale mają one inne, polepszone właściwości. Zatem technologia ta wpisuje się w obserwowaną tendencję do zwiększenia produktywności oraz innowacyjności wytwarzanych elementów.



Rys. 1. Wtryskarka *Ferromatik Milacron 800 MSW 3F* [8]

4. Przebieg procesu monosandwich i jego analiza

4.1. Opis przebiegu wytwarzania

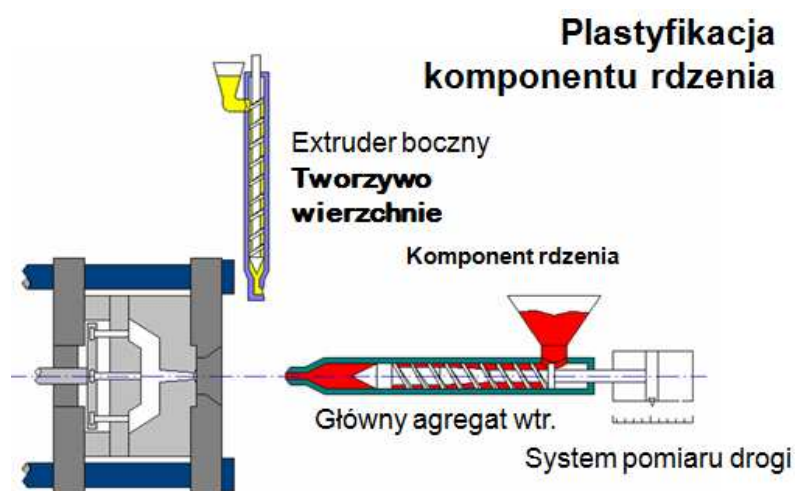
W technologii monosandwich opracowanej już w latach 90., konwencjonalna wtryskarka wyposażona została w jednostkę uplastyczniającą tworzywo zamontowaną poziomo lub pionowo w pozycji –L.

Jako pierwszy dozowany (uplastyczniany) jest komponent rdzenia w głównym agregacie wtryskowym, następnie drugi składnik jest wprowadzany do komory ślimaka głównego agregatu wtryskowego. Wytłaczane tworzywo wypływa z dyszy agregatu wytłaczarki i przechodząc przez dyszę wtryskową agregatu wtryskowego przedostaje się do komory ślimaka gdzie napotyka opór zaworu zwrotnego ślimaka. Wzrastające ciśnienie wytłaczanego tworzywa oddziałuje na wcześniej nabrane tworzywo rdzenia i na sam ślimak, który wycofuje się z ustalonym ciśnieniem spiętrzania (przeciwi-ciśnieniem) do zadanej drogi lub objętości plastyfikacji. Tworzywa dwóch komponentów nie mieszają się, lecz przylegają czołowo do siebie w komorze ślimaka. W prosty sposób regulują się nastawę dróg (lub objętości) plastyfikacji dla obydwóch komponentów. Parametr ten jest w zasadzie jedną nastawą różniącą maszynę monosandwich od standardowej wtryskarki. Prędkość wtrysku, czas, ciśnienie oraz docisk ustawiane są dokładnie tak jak w konwencjonalnej maszynie wtryskowej. Dzieje się tak, ponieważ tworzywa znajdujące się w bezpośrednim kontakcie czołowym, wpływają w sposób wymuszony jedno po drugim do gniazd w formie wtryskowej podczas fazy wtrysku. Dzięki przepływowi laminarnemu, pierwszy komponent dot. Warstwy wierzchniej, wpływając do gniazda ulega, dotykając zimnych ścianek formy. Drugi komponent, płynąc środkiem strumienia jest w stanie roztopionym, dlatego wypełnia on całkowicie rdzeń wtryskiwanego produktu. Jedynym warunkiem wstępnym w technologiach sandwich jest zazwyczaj użycie form z techniką zimnokanałową.

4.2. Przebieg procesu dozowania i wtryskiwania

1) Plastyfikacja komponentu rdzenia w głównym agregacie wtryskowym

W pierwszej kolejności dozowane zostaje tworzywo, które ma się znaleźć w rdzeniu wtryskiwanego następnie wyrobu. Plastyfikacja ta odbywa się na głównym agregacie wtryskowym.

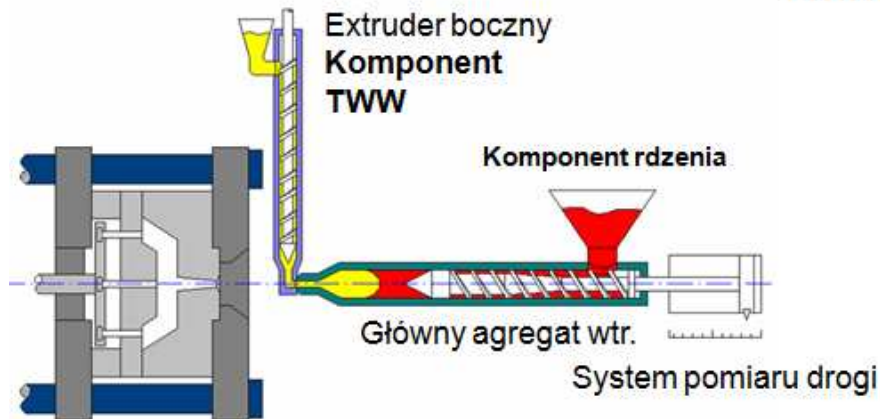


Rys. 2. Plastyfikacja komponentu rdzenia (Rys.: Ferromatik, Jeran)

2) Plastyfikacja komponentu warstwy wierzchniej przed komponentem rdzenia

W drugiej fazie, boczny agregat wylączarki wyjeżdża przed główny agregat wtryskowy, następnie po osiągnięciu odpowiedniego punktu drogi, agregat główny dojeżdża do bocznego agregatu, który wyposażony jest w ustnik wtryskowy. Po połączeniu się ustnika agregatu wylączarki oraz dyszy wtryskowej agregatu głównego następuje plastyfikacja – wylączanie komponentu na warstwę wierzchnią (tworzywo warstwy wierzchniej TWW) przez wylączarkę do komory ślimaka agregatu głównego. Po zakończeniu wylączania, TWW znajduje się teraz w komorze ślimaka przed komponentem rdzenia (tworzywo warstwy rdzenia TWR). Za pomocą systemu pomiaru drogi ślimaka agregatu głównego mierzona jest nabierana objętość dwóch komponentów. Prowadzi to do stabilnego i powtarzalnego przebiegu plastyfikacji.

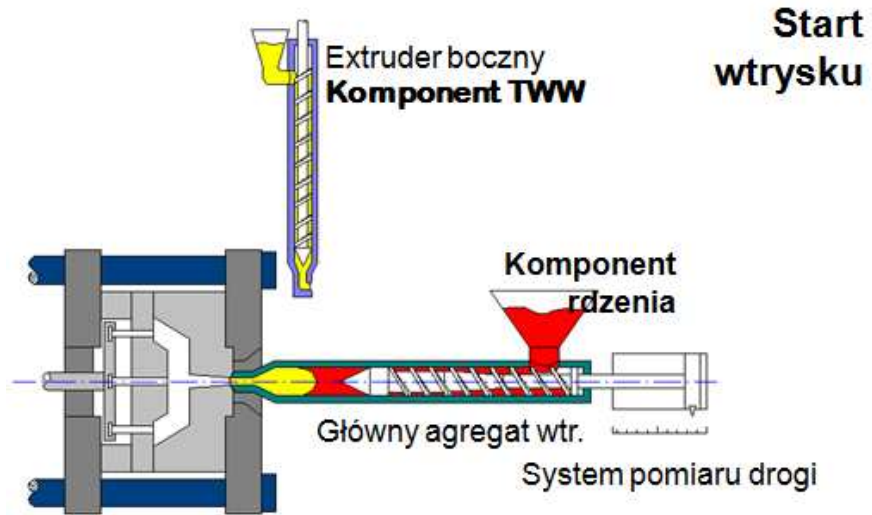
Plastyfikacja tworzywa warstwy wierzchniej TWW



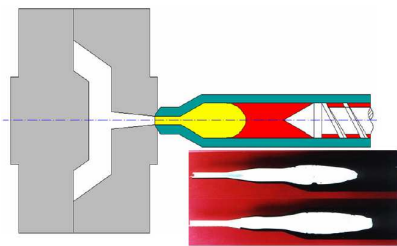
Rys. 3. Plastyfikacja komponentu skóry (Rys.: Ferromatik, A. Jeran)

3) Wtryskiwanie dwóch komponentów

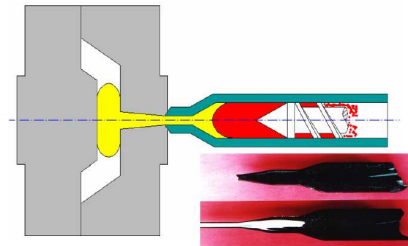
Wtryskiwanie odbywa się przez główny agregat wtryskowy. Podczas tego procesu dwa komponenty (TWW i TWR) wtryskiwane są kolejno do gniazda formy. Pierwszym tworzywem stykającym się z zimnymi ściankami formy jest komponent TWW, który przez taki kontakt twardnieje, następnie wypływający komponent rdzenia wypełnia środkową, jeszcze płynną komorę wypraski. Wyrób stworzony w takim procesie w przekroju poprzecznym składa się z komponentu TWW/TWR/TWW. W pewnych obszarach tego wyrobu, które nie zostały wypełnione przez komponent rdzenia, wypełnienie to widoczne w przekroju poprzecznym składa się tylko z komponentu skóry. Dzięki temu, że dwa objętościowo płynące po sobie komponenty nie muszą być między sobą zgrywane (tak jak w procesie sandwich), aby zapobiec np. widocznym śladom takiego przełączania na powierzchni elementu, uzyskuje się stabilny i powtarzalny przebieg wtryskiwania.



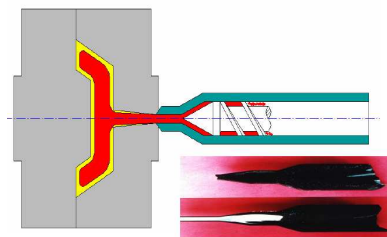
Rys. 4. Rozpoczęcie wtryskiwania dwóch po sobie płynących komponentów (Rys.: Ferromatik, Jeran)



Rys. 5. Stopione tworzywa w komorze ślimaka

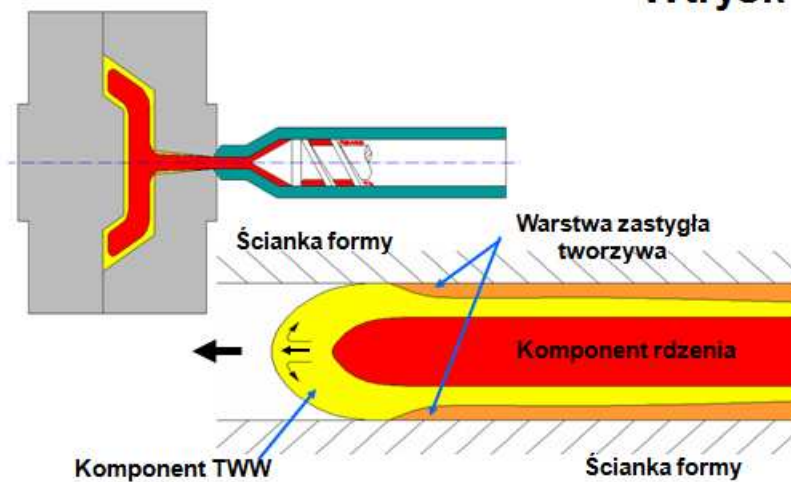


Rys. 6. Wtrysk pierwszego tworzywa na warstwę wierzchnią [8]



Rys. 7. Wtrysk komponentu rdzenia [8]

Wtrysk

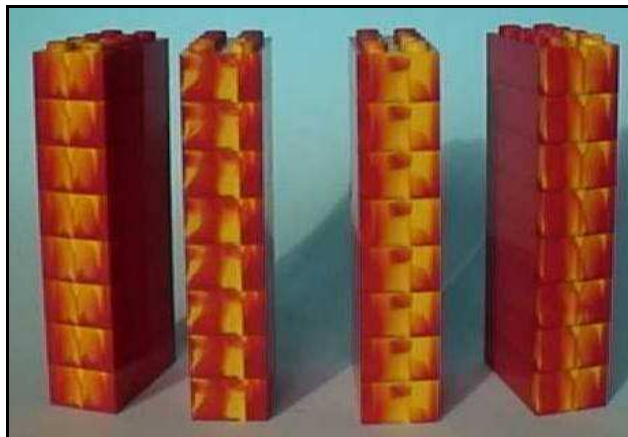


Rys. 8. Płynięcie dwóch po sobie następujących komponentów podczas wtrysku (Rys.: Ferromatik, Jeran)

4.3. Technologia monosandwich – wyposażenie maszyny

Szczególną oraz istotną zaletą procesu monosandwich w porównaniu z innymi technologiami typu warstwowego formowania wyprasek (sandwich) jest obsługa w prowadzeniu tego przebiegu. W tej technologii parametry procesu wtryskiwania są regulowane tylko przez jeden agregat wtryskowy. Ma to następujące zalety:

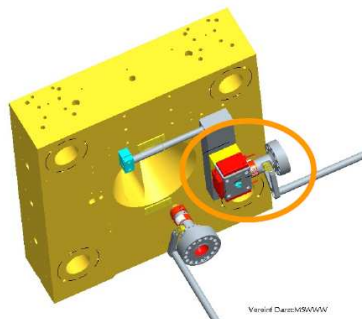
- prosty przebieg samego procesu,
- wysoka powtarzalność,
- łatwa zmiana koloru lub samego tworzywa
- łatwa obsługa.



Rys. 9. Zdjęcie przedstawia klocki wtryskiwane w procesie monosandwich, gdzie komponent rdzenia został specjalnie przedawkowany tak aby przebił komponent warstwy wierzchniej. Rzędy klocków przedstawiają gniazda w formie a warstwy natomiast osiem kolejnych cykli. Obraz ten potwierdza stabilność oraz powtarzalność procesu [8]

Poza wymienionymi zaletami należy pamiętać, że koszty samej inwestycji wyposażenia maszyny w agregat monosandwich są znacznie niższe od konwencjonalnej wtryskarki typu sandwich. Dzieje się tak ponieważ wtryskarka w trybie monosandwich wyposażona zostaje tylko w dodatkowy agregat do wytłaczania tworzywa bez funkcji wtrysku, który jest znacznie tańszy od standardowego agregatu wtryskowego.

Główny agregat wtryskowy łączy się z bocznym agregatem wytłaczającym tworzywo poprzez specjalną głowicę przekazującą. Głowica ta posiada ustnik o takim samym promieniu jak ten w formie, dzięki temu pasuje do niego standardowy ustnik dyszy wtryskowej agregatu wtryskowego. Podczas wtlaczania komponentu TWW do agregatu głównego obydwie dysze zamykane (wyposażenie opcjonalne) otwierają się aż do zakończenia procesu plastyfikacji.



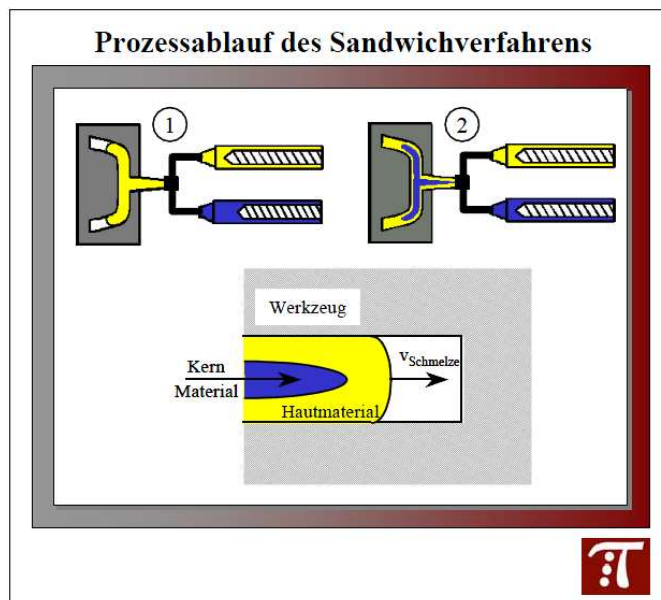
Rys. 10. Głowica przekazująca na wtryskarce wyposażonej w monosandwich [8]



Rys. 11. Boczny poziomy i górny pionowy model montażu dodatkowego agregatu „mono” [8]

Maszynę wyposażoną w technologię monosandwich może obsługiwać i ustawiać każdy ustawiacz lub technolog. W normalnym przypadku zaczyna się od ustawienia relacji 40% komponentu rdzenia do 60% komponentu drugiego składnika. Po dokonaniu kilku cykli, analizuje się wypraski i zmienia zawartość komponentu rdzenia aż do momentu uwidocznienia jego w miejscu zakończenia drogi płynięcia. Często uzyskuje się taką zawartość w przedziale 35% do 50% masy całkowitej objętości wtrysku.

Wtryskiwane mogą być produkty bez ograniczenia związanego z grubością ścianki, ponieważ w technologii monosandwich różnica pomiędzy standardową wtryskarką istnieje wyłącznie w procesie plastyfikacji. Wtrysk i docisk pozostają podobne jak w standardowym przetwórstwie. Dobre wyniki uzyskuje się przy produkcji kubków, gdzie grubość ścianki wynosi 0,8mm, podobnie także w produkcji części samochodowych o grubości około 2- 3 mm lub też grubościennymi kławkami czy też słuchawkami prysznicowymi, gdzie grubość ścianki dochodzi do 20 mm.



Rys. 12. Rysunek przedstawia przebieg oraz konstrukcję procesu sandwich. Widoczne są dwa agregaty wtryskowe połączone głowicą przełączającą [10]

5. Kryteria doboru kombinacji materiałów

Pierwsze zastosowania przebiegu procesu monosandwich realizowane były przy użyciu materiałów pochodzenia wtórnego, pochodzących z zmielonych odpadów oraz wlewków produkcyjnych, lub też z wykorzystaniem materiału z dodatkiem środków porujących. Jednak z biegiem lat oprócz stosowania tworzyw odpadowych oraz chemicznych poroforów, opracowano i przetestowano wiele innych kombinacji materiałów. Najczęściej stosowane kombinacje przedstawia tabela 1, wymieniając jednocześnie wynikające z nich korzyści powstałych właściwości.

Tabela 1. Zestawienie kombinacji oraz specjalnych właściwości tworzyw w technologiach sandwich

Komponent TWW	Komponent rdzenia	Korzyści z otrzymanych właściwości
Zwarty (kompaktowy)	Porowaty	Dobra powierzchnia bez zapadów – redukcja braków
Kolor 1	Kolor 2 lub naturalny	Oszczędność barwników typu Batch – redukcja kosztów
Nie wzmocniony	Wzmocniony	Dobra powierzchnia przy wysokiej sztywności
Wzmocniony	Nie wzmocniony	Wysoka sztywność na zginanie przy redukcji kosztów materiału
Miękki	Twardy	Dobre w dotyku przy wysokiej sztywności
Nie wzmocniony	Elektrycznie przewodzący	Dobra powierzchnia przy jednoczesnym ekranowaniu
Nowy	Wtórny	Dobra powierzchnia – redukcja kosztów
Nie wzmocniony	Właściwości barierowe	Redukcja przepuszczalności

Aby produkowane wypraski zachowały stawiane im wymagania w przyszłości, istnieją kryteria, które mają wpływ na dobór odpowiednich tworzyw do ich konstruowania. Karta specyfikacji zawiera informacje wyjaśniające, które wymagania muszą zostać spełnione. Mogą to być przykładowo:

- sztywność,
- długoterminowa stabilność temperaturowa kształtu,
- hydrofilowość, itp.

Przy zastosowaniu technologii monosandwich należy przestrzegać w porównaniu ze standardowym wtryskiwaniem następujące zasady:

- przyczepność między użytymi tworzywami,

- odporność na przetwarzanie (temperatury),
- kurczliwość tworzyw użytych,
- liniowa rozszerzalność cieplna tworzyw użytych,
- lepkość tworzyw użytych.

1.1. Przyczepność

Przyczepność w warstwie granicznej używanych tworzyw uznawana jest za bardzo istotny warunek. W jakim stopniu przyczepność (adhezja) ta jest wymagana do tej pory nie zbadano, ale uważa się, że w produktach o stosunkowo niskiej jakości relatywnie słaba adhezja jest wystarczająca. Można spowodować jej podwyższenie przez ewentualne zwiększenie kurczliwości komponentu przeznaczonego na warstwę wierzchnią w stosunku do komponentu rdzenia. Spowodowałyby to wówczas powstanie połączenia ciernego. Ogólne zestawienie spodziewanych przyczepności między tworzywami w różnych kombinacjach przedstawia tabela 2. Dokładniejsze specyfikacje przyczepności tworzyw specjalnych uzyskać można u ich producentów.

Tabela 2. Zestawienie przyczepności tworzyw [8]

	ABS	ASA	CA	EVA	PA 6	PA 6.6	PC	PE-HD	PE-LD	PMMA	POM	PP	PPC mod.	PS-GP	PS-HI	TPE-A	TPE-E	TPE-S	TPE-U	TPE-V	SAN	PETP	PVAC	PSU
ABS	+	+	+	+			+	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
ASA	+	+	+	+			+	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
CA	+	+	+	+			+	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
EVA	+	+	+	+			+	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
PA 6					+	+		o	o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
PA 6.6					+	+		o	o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
PC	+	+					+	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+
PE-HD	o	o	o	+			o	+	+		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
PE-LD	o	o	o	+			o	+	+		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
PMMA	+	+					+	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
POM	o	o					o	o	o		+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
PP	o	o	o	+			o	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
PPC mod.	o	o	o	o								+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
PS-GP	o	o	o	+			o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
PS-HI	o	o	o	o			o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
TPE-A	o	o	o	o			o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
TPE-E	o	o	o	o			o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
TPE-S	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
TPE-U	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
TPE-V	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
SAN	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
PETP	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
PVAC	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
PSU							+																+	

+ dobra przyczepność
 o średnia przyczepność
 - brak przyczepności
 nie testowano

Kolejną możliwością zwiększenia przyczepności używanych tworzyw sąsiadujących jest zastosowanie promotorów adhezji, które należy wprowadzić w jeden z używanych komponentów. W polimerach o podobnej chemicznej budowie (np. PA i PPA) lub grupach chemicznych, które wykazują silne wiązania międzycząsteczkowe (np. poliwęglan – poliester) adhezję między tworzywami uznaje się za wysoką.

1.2. Zależności temperaturowe tworzyw

Aby osiągnąć powodzenie w przetwarzaniu tworzyw, należy w szczególności wziąć pod uwagę znaczenie temperatury ich topnienia. Także temperatura powierzchni formy może mieć negatywny wpływ na częściowo krystaliczny komponent rdzenia.

W tej technologii tworzywa są łączone ze sobą w stanie stopionym. Należy przy tym zwrócić uwagę, aby różnica pomiędzy ich temperaturami nie była zbyt wysoka. Na różnicę tych temperatur wpływa przede wszystkim czas przebywania w układzie uplastyczniającym wtryskarki. Badania wykazały, że różnica ta nie powinna przekraczać 30-40K.

Kolejnym ważnym kryterium podczas przetwarzania jest temperatura powierzchni gniazd formy. Jeśli jest to możliwe, temperatura powierzchni formy powinna być tak dobrana, aby obydwa tworzywa dobrze płynęły w gnieździe narzędzia formującego.

Przy przetwarzaniu kombinacji tworzyw, które posiadają odległe od siebie obszary obróbki termicznej, jak dzieje się to przy użyciu standardowych tworzyw termoplastycznych z tworzywami o wysokiej temperaturze przetwarzania, zasadniczo temperaturę powierzchni formy określa komponent TWW. Ważne jest, aby uzyskać w takich przypadkach dobrą jakość powierzchni wypraski. Właściwy komponent rdzenia powinien dać się w takiej temperaturze odpowiednio przetwarzać. W przypadku tworzyw amorficznych jest to mniej problematyczne, ponieważ posiadają one znacznie szerszy, elastyczno-plastyczny obszar przechodzenia.

1.3. Skurcz

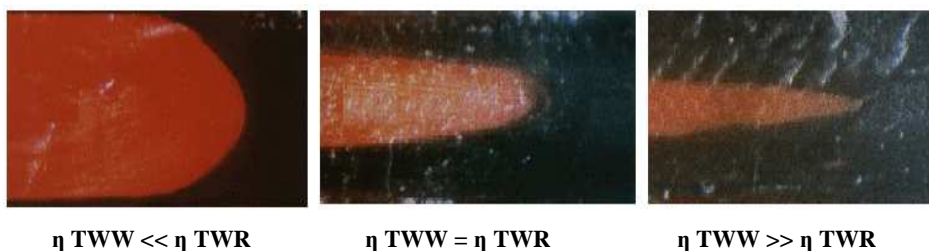
Inną ważną cechą specyficzną dla tworzyw sztucznych jest zjawisko skurczu. Jeśli na maszynie 2-komponentowej, realizującej proces monosandwich dochodzi do spojenia dwóch tworzyw, które charakteryzuje duża różnica skurczu, prowadzi to również do powstawania deformacji produkowanych elementów oraz do naprężeń powierzchniowych na styku tych materiałów. W literaturze podany jest współczynnik wartości skurczu równy od 0,6 do 1,4 określający iloraz skurczu tworzywa na warstwę wierzchnią do komponentu rdzenia [3]. Porównując te wartości należy jednak uwzględnić, że wpływ na ich zachowanie mają jeszcze parametry procesu takie jak temperatura uplastyczniania, ciśnienie i prędkość wtryskiwania oraz czas chłodzenia. Ponadto istnieją na wyprasce obszary, które ukształtowane zostały wyłącznie z tworzywa przeznaczonego dla warstwy wierzchniej. W takich obszarach wykazuje się inne wartości skurczów aniżeli w przekrojach TWW/TWR/TWW. Analizując powyższe stwierdzenia, ustalenie lub przewidzenie dokładnych przebiegów procesów skurczowych jest trudne. Wskazówkami mogą tutaj być, wzorce wyprasek z wcześniejszej produkcji, które posiadają podobne cechy geometryczne.

1.4. Liniowa rozszerzalność cieplna

Biorąc w szczególności pod uwagę elementy, które poddawane są w czasie ich użytkowania zmianom temperatury, ich liniowa rozszerzalność cieplna odgrywa istotną rolę w uzyskaniu odpowiedniej jakości. Jeśli różnica rozszerzalności cieplnej jest zbyt wysoka, prowadzić to może do znacznego zmniejszenia się przyczepności pomiędzy tymi materiałami, a nawet do całkowitego się ich rozdzielenia po realizacji fazy wtrysku. Innymi konsekwencjami takich różnic w rozszerzalności cieplnej poza zniekształceniem się wypraski mogą być jej nieszczelności. Szczególnie w przypadku tworzyw częściowo krystalicznych, które ulegają krystalizacji podczas chłodzenia (przejścia w stan stały), może wystąpić wtórna krystalizacja, jeśli podczas ich przetwarzania „zamrożona” została ich struktura. Także tutaj, powinno stosować się zasady, że iloraz współczynników liniowej rozszerzalności cieplnej obydwóch tworzyw powinien zawierać się w przedziale od 0,6 do 1,4 [3].

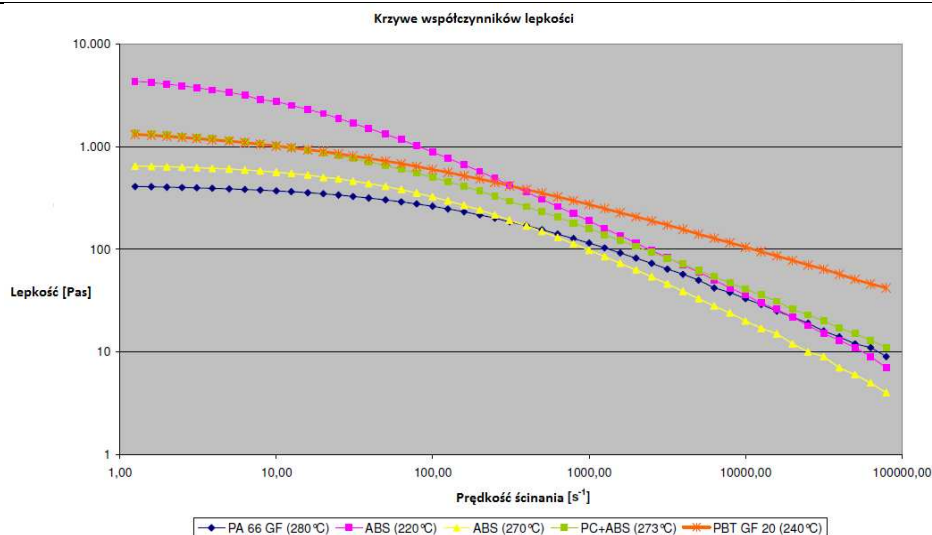
1.5. Lepkość

Podczas przetwarzania kombinacji tworzyw istotną rolę odgrywają właściwości reologiczne tych materiałów, a zwłaszcza lepkość. Celem w procesie monosandwich jest wykorzystanie tworzyw wtórnych jako materiału na rdzeń wypraski 2-komponentowej. Lepkość warunkuje zachowanie się wzajemnie tworzyw podczas płynięcia. Badania pokazały, że komponent TWW wykazywać może się niższą lepkością w porównaniu z komponentem rdzenia, dzięki czemu otrzymuje się większą zawartość komponentu rdzenia oraz zapobiega się jego przemieszczaniu w trakcie procesu wypełniania gniazda formy. Na rysunku 13 pokazane obrazy uwidaczniają wpływ stosunku lepkości materiałów.



Rys. 13. Wpływ relacji lepkości na zawartość komponentu rdzenia (Ferromatik, Jeran)

Ustalenie współczynnika lepkości jest zatem kluczowym elementem. Lepkość jest znaną funkcją miejsca i czasu, a więc zależy od lokalnie działających prędkości ścinania i od temperatury. W celu określenia współczynnika lepkości porównane mogą zostać krzywe lepkości $\eta = f(\gamma, T)$ wykorzystywanych tworzyw w obszarze normalnych prędkości ścinania sięgających od 100s^{-1} do 10000s^{-1} .



Rys. 14. Krzywe współczynników lepkości różnych tworzyw (Ferromatik, Jeran)

Wpływ temperatury na lepkość jest znany już od dawna. Porównanie lepkości takich tworzyw jak PA 66 GF (z włóknem szklanym) z ABS wskazuje, że temperaturę ABS świadomie ustawia się wyżej, aby zapewnić „znaczenie” niższej lepkości komponentu TWW.

Spełnienie wszystkich wymienionych powyżej kryteriów prowadzi będzie z dużym prawdopodobieństwem do produkcji dobrych jakościowo wyrobów w procesie monosandwich. Należy także pamiętać, że pewne odchylenia od tych warunków nie przekreślają skutecznego przebiegu tego procesu.

6. Czynniki wpływające na rozmieszczanie się tworzyw

Technologia monosandwich w porównaniu z wtryskiem jedno-komponentowym posiada większą ilość zmiennych kontrolnych, które mają znaczący wpływ na jakość produkowanych wyprasek, a przede wszystkim na wzajemne ułożenie się tworzyw oraz zachowanie się ich podczas wypełniania formy. Wpływają na to następujące zmienne:

- **kombinacja tworzyw:** zachowania reologiczne, zachowania podczas krzepnięcia i chłodzenia,
- **parametry procesu:** relacje objętości materiałów, natężenie przepływu wtrysku, temperatura tworzywa, temperatura ścianek formy,
- **geometria wypraski:** podstawowy kształt geometryczny, wypraski techniczne,
- **system doprowadzenia tworzywa (wlewki, przewężki):** geometria, położenie względem wypraski, ilość punktów wtrysku.

6.1. Kombinacje tworzyw

Istnieją trzy właściwości tworzyw, które mają bezpośredni wpływ na wypełnienie gniazd w formie:

- właściwości reologiczne,
- zachowania podczas krzepnięcia i chłodzenia w gnieździe formy,
- środki zwiększające płynięcie oraz wzmocnienie tworzywa na rdzeń wypraski.

Zachowania podczas krzepnięcia i chłodzenia wypraski mają również wpływ na lepkość danego tworzywa oraz na tworzenie się skrzepniętych warstw zewnętrznych. Dzięki temu kształtują się grubsze warstwy zewnętrzne komponentu TWW, a co za tym idzie polepsza się ich przewodnictwo cieplne. Oznacza to niską grubość warstwy komponentu rdzenia przy jednocześnie odpowiednich ustawieniach wzorów komponentu TWW w identycznych warunkach. Dodatkowo wpływa to w dużej mierze na zachowanie się przepływu komponentu rdzenia. Przykładowo opór powstały w cieńszych ściankach gniazda formy powoduje słabszy przepływ komponentu rdzenia, który kieruje się w grubsze partie formowanej wypraski.

Napełniacze oraz środki wzmacniające oddziałują znacznie na współczynnik lepkości przetwarzanych tworzyw. Jeśli komponent rdzenia zawiera domieszkę takich

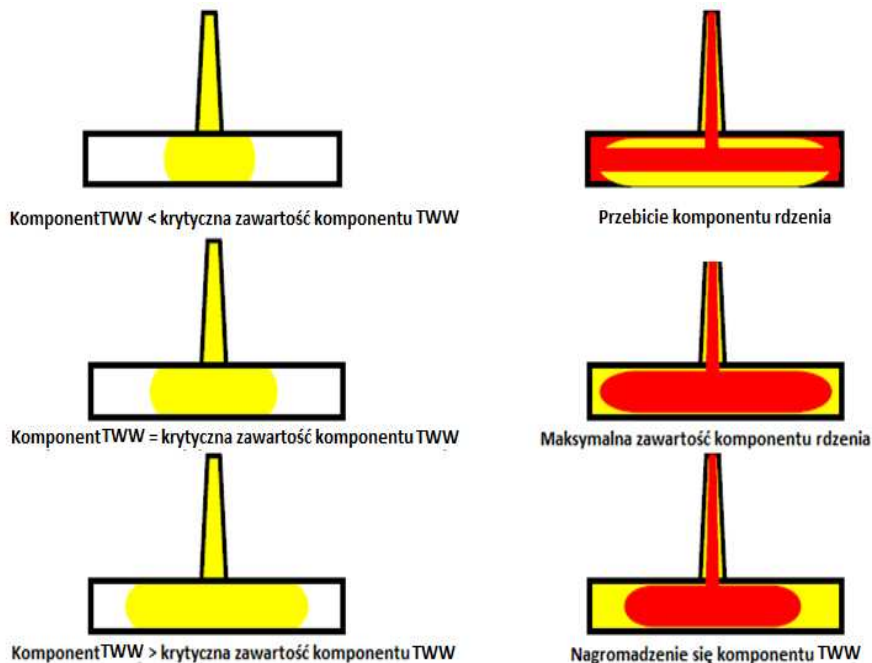
środków ulepszających, skutkiem tego jest zmiana jego lepkości. W przypadku, gdy dzięki temu lepkość zostanie zwiększona, wpływa to pozytywnie na relację lepkości, co pozwala na wytworzenie się stabilnego strumienia warstwowego.

6.2. Parametry procesu

Ustawienie parametrów procesu w technologii dwukomponentowej typu sandwich jest znacznie bardziej złożone niż w przebiegu monosandwich. Dzięki wielowarstwowemu wtryskowi przez tylko jeden agregat pomija się ustawianie parametrów dla drugiego agregatu wtryskowego oraz eliminuje ustawienia związane z koordynacją dwóch jednostek wtryskowych jak dzieje się to w maszynach typu sandwich. Daje to lepszą reprodukowalność oraz unika się śladów związanych z przełączaniem się głowicy mieszającej.

6.3. Stosunek objętościowy materiałów

Jeśli weźmie się pod uwagę parametry kroków procesu monosandwich, to wyraźnie można zauważyć, że duży wpływ wyjściowy na rozmieszczanie się komponentów TWW i rdzenia ma objętościowy udział tych tworzyw.



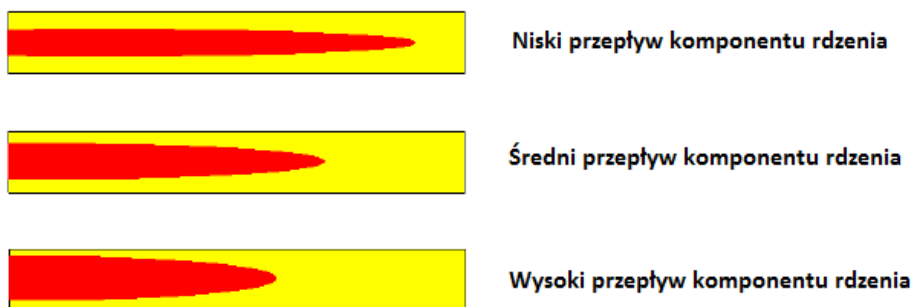
Rys. 15. Wpływ stosunku objętościowego tworzyw na jakość produktu [8]

Istnieje wiele różnych wzorców zawartości komponentu TWW, które są mniejsze, równe lub większe od krytycznego stopnia wypełnienia. Stopień krytycznego wypełnienia uważa się za osiągnięty, jeśli w żadnym obszarze wytwarzanego elementu nie dojdzie do przebicia się komponentu rdzenia przez zewnętrzną warstwę komponentu TWW oraz gdy komponent rdzenia osiągnie swoje maksimum zawartości w fazie wypełniania wszelkich wolnych wewnętrznych obszarów elementu. Przebicie komponentu rdzenia na drodze płynięcia dochodzi wtedy, gdy jako pierwszy w takich obszarach „wyczerpany” zostaje komponent TWW. Obszary te wykazują, że komponent rdzenia posiadał większą procentową zawartość objętościową podczas wypełniania elementu w trakcie przełączenia za komponentem TWW. W sposób odwrotny działa zbyt duża zawartość objętościowa TWW, która gromadzi się nadto w pewnych obszarach elementu nie dając „wyprzeć” się przez nadchodzący komponent rdzenia.

6.4. Natężenie przepływu wtrysku

Wpływ natężenia przepływu komponentu TWW jest w stosunku do natężenia przepływu komponentu rdzenia marginalny. Natężenie przepływu tworzywa na rdzeń wpływa natomiast na intensywność wypełnienia wypraski od wewnątrz oraz profil komponentu rdzenia. Wraz z przyrostem natężenia przepływu komponentu rdzenia, rośnie jego zasięg oraz stopień wypełnienia jego objętości. W efekcie w zewnętrznej warstwie tworzywo TWW staje się „cieńsze”. W przypadku zachowania wzorca komponentu TWW (bez zmiany objętości), podczas wtrysku, poprzez tworzenie się cieńszej TWW, komponent TWW przemieszcza się w większej ilości przed wtryskiwany komponent rdzenia. Skutkiem tego komponent rdzenia nie ma możliwości dalszego „wpływania” tworząc bardziej stromy profil. W sposób odwrotny zachowuje się ustawienie mniejszego natężenia przepływu komponentu rdzenia, które pozwala wytworzyć grubszą warstwę zewnętrzną komponentowi TWW. Dzięki temu zmniejsza się ilość komponentu TWW pozostająca do wyparcia, a komponent rdzenia może wpływać dalej. Profil materiału rdzenia staje się bardziej równomierny. Poprzez zbyt niskie natężenie przepływu podczas wtrysku komponentu rdzenia istnieje większa możliwość, by doszło do przebicia materiału rdzenia przez komponent TWW. Zbyt wysokie natężenie przepływu komponentu rdzenia doprowadza do tworzenia się

cieńszej warstwy TWW, a to w następstwie doprowadzić może do uwidocznienia komponentu rdzenia w obszarach łączeniowych produktów z przewyżkami.



Rys. 16. Wpływ natężenia przepływu na zasięg komponentu rdzenia [8]

6.5. Temperatura uplastyczniania tworzywa

Wpływ temperatury tworzywa uwidocznił się już znacząco podczas zagadnień związanych z lepkością. Za pomocą zmian temperatury oddziałuje się na tworzenie stabilnego przepływu tworzywa. Poza przepływem wpływają one również na stosunek objętościowy pomiędzy komponentem TWW a rdzenia. W praktyce, należy zwrócić uwagę, że obydwie tworzywa znajdują się będą krótkotrwale w jednym agregacie wtryskowym i poddawane będą działaniu tych samych wartości temperatury, co prowadzi będzie do dostosowania się ich temperatur przetopowych.

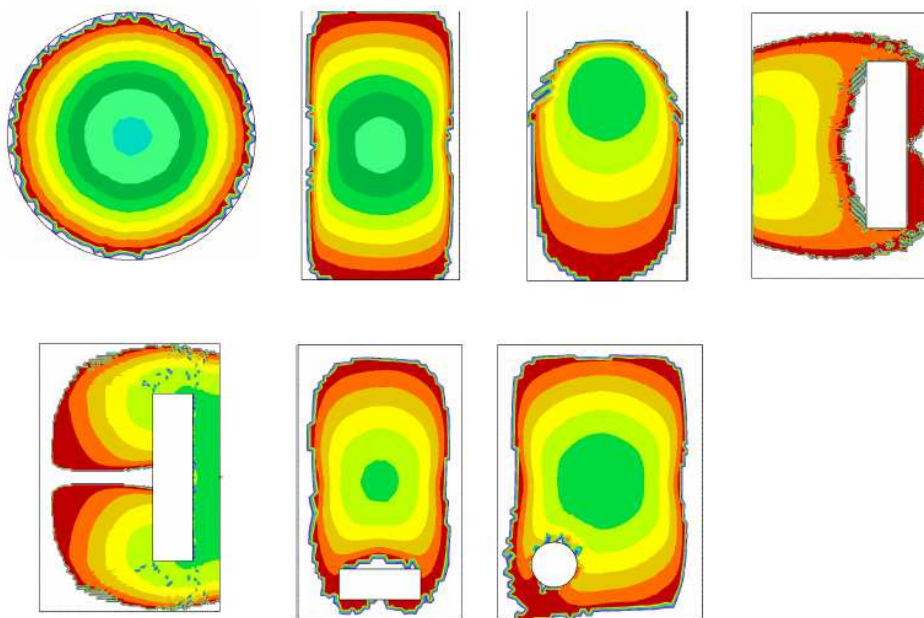
Temperatura powierzchniowa formy ma skłonność oddziaływania na tworzywa podobnie jak ma to miejsce w natężeniu przepływu komponentu rdzenia. Wpływ ten jednak jest znacznie mniejszy aniżeli w natężeniu przepływowym. Zwiększenie temperatury na powierzchni gniazd formy, prowadzi do zastygania cieńszych warstw TWW, a jednocześnie krótszym zasięgu wpływania komponentu rdzenia.

6.6. Geometria wypraski

Geometria wypraski ma również w procesie monosandwich zdecydowany wpływ na rozmieszczanie się materiałów wtryskiwanych. Rysunek 17 przedstawia rozmieszczenie komponentu rdzenia, jakiego można spodziewać się przy zróżnicowanych w budowie wypraskach o prostej geometrii. Im bardziej geometria

elementu odbiega od kształtu dysku, tym bardziej prowadzi to do niejednorodnie lokalnego rozmieszczenia się komponentu rdzenia.

- W wypraskach o niesymetrycznym obwodzie, komponent TWW gromadzi się przed komponentem rdzenia.
- Linie łączenia (spoiny), które tworzą się za otworami w wypraskach oraz przy wielokrotnych połączeniach składają się z komponentu TWW.
- W wystających końcówkach wypraski (elementy mocujące, kłamry) przenikniętego już komponentu TWW nie da się już wyprzeć.



Rys. 17. Oczekiwane rozmieszczenie się komponentu rdzenia (czerwony) w zależności od geometrycznej budowy wypraski oraz punktu wtrysku. Wyniki pochodzące z symulacji programu *Cadmould* [8]

Wprowadzenie następujących zmian w formie jest przydatne, w celu zapobiegania powstawania takich efektów:

- przesunięcie punktu wtrysku,
- zastosowanie dodatkowych gniazd bocznych, aby zapewnić wypełnianie elementów wystających z głównego korpusu wypraski, komponentem rdzenia,

- dopasowanie grubości ścianek.

Przestrzeganie następujących zasad, może pomagać w prawidłowym projektowaniu wyprasek:

- ścianki jednakowej grubości,
- unikanie ostrych naroży i krawędzi,
- jeśli komponent TWW charakteryzuje się większym skurczem od komponentu rdzenia, należy ulokować rodzaj redukcji grubości ścianek w gniazdach, w miejscach końcowych przepływu – elementy wystające. Zbyt duże nagromadzenie się „czystego” komponentu TWW w takich miejscach, z powodu skurczów objętościowych, doprowadzić może do tworzenia się zapadnięć lub wklęsłości,
- aby zapobiec powstawaniu obszarów grożących tworzeniem się zapadnięć w wyprase, grubość ścianek uźebrowania powinna wynosić $s < 0,6 H$,
- przeszkody przepływu np. żebra, umieszczać prostopadle do kierunku przepływu.

Wypraski techniczne (konstrukcyjne), które wyróżniają się wahaniami w grubości ścianek, obszarami o grubych ściankach oraz przeszkodami w przepływie bardzo ciężko ocenić i przewidzieć. Jeżeli brakuje doświadczenia z przeprowadzonej produkcji takich elementów w procesie monosandwich, stwierdzenia dotyczące rozkładania się komponentu TWW i rdzenia określić można tylko w praktyce.

Liczne wzorcowania wykazały, że tylko nieznaczna część elementów zaliczana jest do elementów o prostej budowie (geometrii). Należą do nich „płyta” (podstawka), „kosz”, „dysk” oraz „cylinder”. Geometrie wyprasek, których nie da się dopasować budową do takich kształtów, traktowane oraz określane są jako „wypraski techniczne”.

6.6.1. Płyta

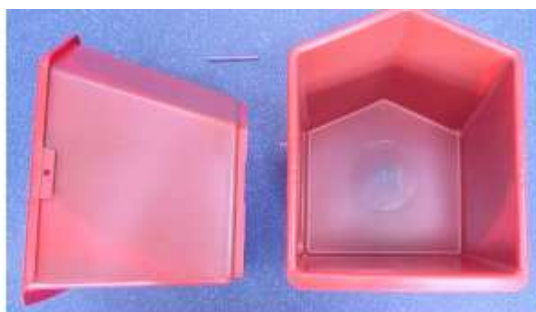
Do takich kształtów zaliczane są wypraski, których geometria składa się z dużej powierzchni podstawy i tylko niewielkiej części powierzchni w postaci boków o niedużej wysokości. Przykładami tutaj mogą być wszelkiego rodzaju pokrywy osłon komór wewnętrznych w przemyśle samochodowym, przesłony w artykułach gospodarstwa domowego lub siedziska / oparcia w przemyśle meblarskim i biurowym.



Rys. 18. Pokrywa jako przykład geometrii płytowej wypraski. Komponent TWW jest specjalnie transparentny, tak aby widać było komponent rdzenia [8]

6.6.2. Kosz

Kształt tej geometrii podobny jest do „płyty”. Różnica znajduje się w obszarze powierzchni bocznych, które w porównaniu do płyty wykazują znacznie dłuższą drogę płynięcia, a co za tym idzie, wpływają na rozmieszczanie się tworzyw.



Rys. 19. Wiaderko z długimi „powierzchniami bocznymi” [8]

6.6.3. *Dysk*

Geometria tego kształtu przypomina płytę CD. Jest to najbardziej korzystna geometria, gdyż zawartość komponentu rdzenia wynosić może aż 75%.



Rys. 20 *Dysk jako korzystna geometria wypraski* [8]

6.6.4. *Cylinder*

Budowa cylindra podobna jest do budowy kosza. Różnica polega na okrągłej formie powierzchni podstawy. Również tutaj stosunek powierzchni bocznych do podstawy jest większy i wpływa na rozmieszczenie się wpływających komponentów.



Rys. 21 *Miska wykonana w technologii monosandwich* [8]

6.6.5. Wypraski techniczne

W przypadku elementów technicznych, oszacowanie zawartości komponentu rdzenia jest znacznie trudniejsze. Ich geometria wiąże się często z wahaniami grubości ścianek, przebiciami oraz żebrami. Wpływa to znacznie na rozmieszczanie się komponentów TWW i rdzenia. Bez doświadczeń praktycznych, ciężko jest określić rozmieszczenie się tychże tworzyw oraz ich zawartość objętościową.



Rys. 22 Wypraski techniczne [8]

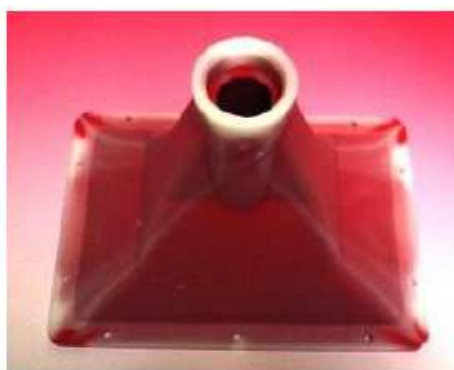
Porównując położenie punktów wtryskowych elementów, które budują przypominają podstawowe (proste) geometrie kształtów, zauważyć można, że wtrysk w takich elementach odbywa się przez centrycznie umieszczony, kanał wlewowy. Przy takich geometriach jest to najbardziej korzystny rodzaj połączenia. Istnieje również możliwość zastosowania wtrysku bocznego, jak ma to np. miejsce w formach dwugniazdowych. W przypadku wyprasek technicznych stosuje się zazwyczaj boczne połączenie wtryskowe, w których stosuje się wlew tunelowy, taśmowy lub o kształcie haka.

6.7. System doprowadzenia tworzywa (wlewki, przewężki)

System wlewkowy oraz rozdzielacz kanałowy w zastosowaniu technologii monosandwich muszą być nieogrzewane. Zastosowanie systemu zimnokanałowego jest warunkiem prawidłowego przebiegu oraz wykorzystania tego procesu. Połączenie z elementem nie podlega wówczas żadnym specjalnym ograniczeniom. Należy jednak

zwrócić uwagę, by połączenie to nie było zbyt wąskie. Kanały doprowadzające o małych wymiarach (np. wąskie) prowadzą do powstawania dużych sił ścinających w obszarze wlewowym, te natomiast do zbyt cienkich warstw komponentu TWW przez co w miejscach połączeń uwidaczniać może się przebijający komponent rdzenia.

Strumienie komponentów rdzenia w przypadku wielopunktowych systemach doprowadzania nie łączą się. Podczas łączenia, spoina powstaje wyłącznie w obszarze tworzywa przeznaczonego na warstwę wierzchnią. Podobnie dzieje się w przypadku przebieg lub też ewentualnych przeszkód w płynięciu. Tworzenie się spoin łączeniowych zależy od wielkości przebieg lub przeszkód, grubości wypraski jak również od natężenia strumieni objętościowych obydwóch materiałów.



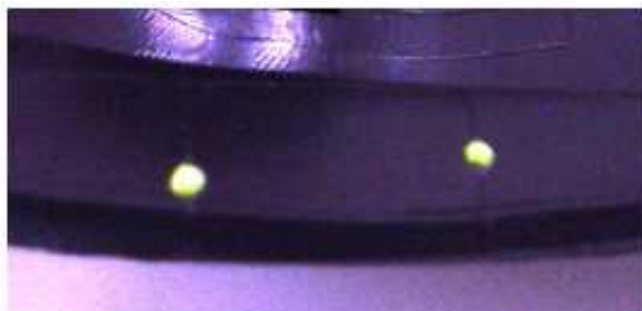
Rys. 23. Linie łączenia wynikające z wtrysku wielopunktowego [8]

Istotne znaczenie, zapewniające równomierne wypełnianie gniazd, posiada zbalansowany (zrównoważony) system doprowadzania tworzywa w formach wielogniazdowych. Na rysunku 24 widoczny jest wpływ niezbalansowanego systemu doprowadzania na wypełnianie gniazd formy. Dwa gniazda wewnętrzne oraz zewnętrzne wypełniane są symetrycznie. Uwidacznia się tutaj również, że mimo zastosowania złego rozdzielacza wlewowego, istnieje możliwość prowadzenia stabilnego i powtarzalnego procesu produkcyjnego.



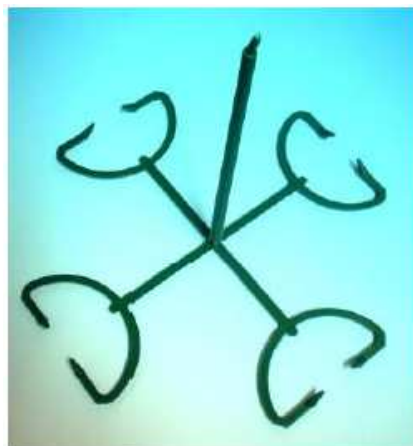
Rys. 24. Efekty wizualne świadczące o niezrównoważonym (niezbalansowanym) rozdzielaczu w układzie przepływowym (wlewowym) [8]

Rysunek 25 przedstawia „podwójny wlewek hakowy” na wyprase.



Rys. 25 Podwójny wlewek hakowy [8]

Dobrze zbalansowany rozdzielacz zimnokanałowy widoczny jest na rysunku 26.



Rys. 26. Zbalansowany rozdzielnik zimno kanatowy [8]

7. Rozruch maszyny z monosandwich

Niezawodność oraz stabilność procesu są warunkami otrzymania wysokiej jakości wyprasek. Następujące kroki powinny służyć jako wytyczne podczas rozruchu procesu tworzenia wyprasek metodą monosandwich. Liczy się jednak tutaj różnica w pracy, polegająca na wykorzystaniu lub nie środków porujących w komponencie rdzenia.

7.1. Rozruch bez środków porujących

- 1) W pierwszej kolejności powinno dokonać się badania związanego z wypełnieniem gniazda formy. Należy używać w tym celu tylko komponentu TWW. Celem jest uzyskanie 1-komponentowej wypraski o dobrej jakości.



Rys. 27. Badanie wypełnienia jednym komponentem [8]

- 2) Dodawanie komponentu rdzenia. Przy tym, parametry procesu dla wypełniania, pochodzące z badania 1 komponentem nie powinny być teraz zmieniane.



Rys. 28. Badanie wypełnienia z dodatkiem komponentu rdzenia z zachowaniem równej objętości całkowitej [8]

- 3) Zawartość komponentu rdzenia zwiększana powinna być stopniowo, aż dojdzie w jakimś obszarze elementu do przebiccia komponentu TWW. Wówczas należy objętość tego tworzywa nieco zredukować.

7.2. Rozruch z środkiem porującym

Środki porujące używane są w dwóch przypadkach:

- aby wyrównać miejsca zapadnięte,
- aby zredukować wagę wypraski.

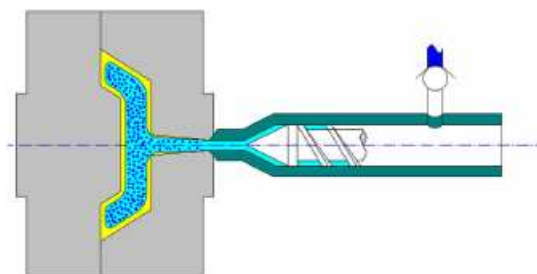
Środek porujący z powodu wytwarzania się niskiego ciśnienia wewnętrznego nie jest w stanie, wpływać na jakość powierzchni wypraski podczas przebiegu wtrysku. Oznacza to, że powierzchnia wytwarzanego elementu pozostaje gładka. Ustawienia procesu przebiegu wtrysku, ustalane są w zależności od wymagań osiąganego celu (wyrównanie zapadnięć lub redukcja wagi).

- 1) W pierwszej kolejności powinno zawsze dokonać się badania związanego z wypełnieniem gniazda formy. Należy używać w tym celu tylko komponentu TWW. Celem jest uzyskanie 1-komponentowej wypraski o dobrej jakości.
- 2) Dodanie komponentu rdzenia z środkiem porującym

Wyrównanie zapadnięć: W tym przypadku należy produkować z niskim ciśnieniem docisku (ostatnia faza wtrysku). Środek porujący działa w wyprasce i wyrównuje różnice w skurczach.

Struktura piany: Tutaj wtrysk powinien wykonywany być do czołowego „uderzenia” ślimaka (bez poduszki) oraz bez docisku. Dzięki temu tworzy się piana struktura, która prowadzi do zredukowania wagi wypraski.

- 3) Zawartość komponentu rdzenia zwiększana powinna być stopniowo, aż dojdzie w jakimś obszarze elementu do przebiccia komponentu TWW. Wówczas należy zawartość tą nieco zredukować.



Rys. 29. Budowa wypraski z środkiem porującym w rdzeniu [8]

Po tym jak ustawienia zostały raz określone, można podczas ponownego rozruchu maszyny, dane parametry wywołać, rozpoczynając produkcję za pomocą procesu monosandwich. Następnym krokiem podczas ustawiania maszyny, jeśli parametry rzeczywiste są stabilne, a jakość wypraski dobra, jest próbowanie zmieniania ustawień natężenia strumienia objętościowego komponentu rdzenia oraz temperatur tak, aby zwiększyć zawartość komponentu rdzenia w wyprascie.

8. Symulacje jako środki pomocy

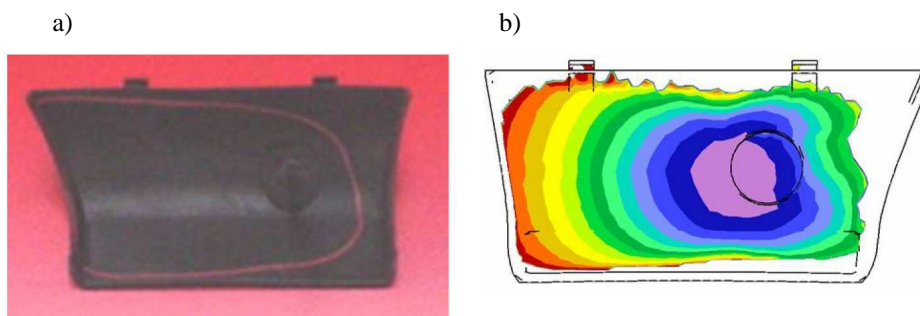
Poza standardowymi symulacjami dla wtrysku jedno komponentowego, firmy tworzące takie oprogramowania oferują również liczne programy do symulacji przebiegu procesów specjalnych, w tym również procesu monosandwich. Dla każdej symulacji, powstaje pytanie, jak dokładne i na ile wiarygodne są powstałe wyniki oraz co można z nich wywnioskować przekładając je na praktykę. Rozpatrując proces monosandwich należy zwrócić uwagę na następujące wyniki:

- stosunek objętościowy komponentu TWW do komponentu rdzenia,
- rozmieszczenie komponentu rdzenia,
- zawartość tworzyw w przekroju wypraski.

Nieznaczne odchylenie symulacji od praktyki w przypadku stosunku objętościowego materiałów jest bardzo istotne, ponieważ wartość ta wykorzystywana jest jako podstawa do obliczania kosztów związanych ze składnikami wypraski.

Rozmieszczenie komponentu rdzenia odgrywa również ważną rolę, zgłasza wtedy, gdy jeśli komponent rdzenia umieszczony musi zostać w konkretnych obszarach wytwarzanego elementu. Wpływ różnych grubości ścianek komponentu TWW na właściwości wypraski jest trudny do oszacowania. Podobnie, wpływ przesunięcia się komponentu rdzenia ze środkowego obszaru jest nie do wychwycenia. Z tego powodu w symulacji takie przemieszczenie tworzywa rdzenia z przekroju środkowego nie da się wyliczyć.

Porównanie między teorią a praktyką wykazało, że wyniki symulacji wystarczająco dokładnie pokrywają się z wynikami otrzymanymi w eksperymentach praktycznych. Nie oznacza to jednak, że istniejący stan techniki w tej dziedzinie można uznać za wystarczający. Z pewnością w obszarze projektowania wyprasek, tego typu programy symulacyjne mogą być wykorzystywane.



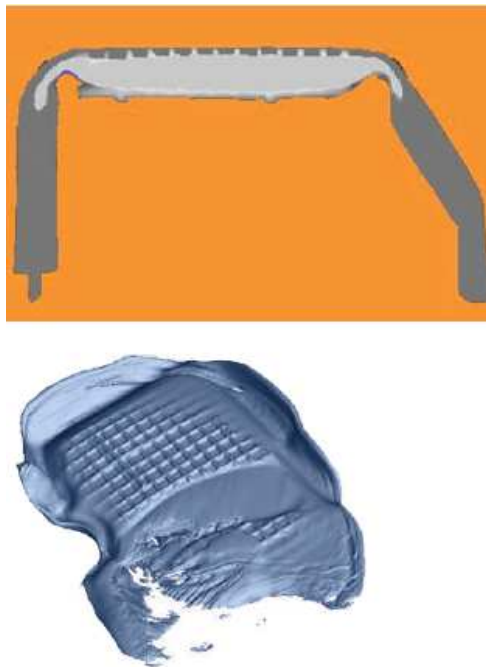
Rys. 30. Wypraska rzeczywista a) oraz symulacja komputerowa wypraski rzeczywistej b) [8]

*Rozmieszczenie komponentu rdzenia
zaznaczone na czerwono*

9. Kontrola jakości metodą tomografii komputerowej

Jednym z najnowszych zastosowań w kontroli jakości jest tomografia komputerowa. Standardowa kontrola jakości w produktach pochodzących dzięki zastosowaniu technologii monosandwich przebiega dokładnie w taki sam sposób jak przy wypraskach pochodzących z procesów jedno komponentowych, tzn. powierzchnia oraz wymiary zewnętrzne kontrolowane są za pomocą dotykowych urządzeń pomiarowych. Od niedawna stosowana tomografia komputerowa pozwala bezdotykowo i bez niszczenia wyprasek zbadać komponent rdzenia. Podczas ciągłej produkcji seryjnej nie ma możliwości zbadania wnętrza wypraski bez jej rozcięcia. Jeśli chodzi tylko o rodzaje tworzywa oraz ich różną gęstość tomografia komputerowa obejmuje bezinwazyjnie komponent rdzenia z dokładnością 0,01 mm [2].

Takimi badaniami zajmuje się między innymi firma Scan-tec GmbH w Rosstal (Niemcy). W pracach tomografu komputerowego (typ: Metrotom; Producent: Carl Zeiss Industriele Messtechnik GmbH, Oberkochen) wykorzystuje się rurę rentgenowską typu mikro-fokus, która prześwietla w sposób ciągły obracający się przedmiot badany. Następnie program rekonstrukcyjny oblicza i zamienia powstające przez detektor obrazy w model 3D. Dzięki temu uzyskuje się obraz rozmieszczonych warstw TWW i rdzenia jak i grubości poszczególnych ścianek a co za tym idzie daje to pełną kontrolę jakości wyprodukowanej kształtki (Rys. 31). Dokładność pomiarowa skanów-CT zależna jest od wielkości mierzonej kształtki: przy wielkości wypraski równej 250 mm osiąga się przykładowo dokładność sięgającą 0,04 mm [2].



Rys. 31. Dzięki tomografii komputerowej środkowa część wypraski staje się bezinwazyjnie widoczna, a kompletną objętość komponentu rdzenia można obejrzeć jako obiekt 3D (Obrazy: scan-tec)

10. Kalkulacja kosztów użytych tworzyw

W zależności od geometrii wtryskiwanego elementu, zawartość komponentu rdzenia waha się w szerokim zakresie. Jeżeli wypraska swoją geometrią przypomina kształt dysku, zawartość komponentu rdzenia dochodzić może do 75%. W większości przypadków jednak znajduje się on w granicach 35 – 50%. Do kalkulacji kosztów związanych z produkcją danej wypraski, uwzględnić należy ceny składowych komponentów TWW i rdzenia, wagę wypraski oraz stosunek objętościowy tychże materiałów. W zależności od rodzaju wypraski oraz rodzaju tworzyw, odpad pochodzący z systemu doprowadzania tworzywa do gniazda (wlewki) może zostać rozdrobniony, a następnie ponownie wtrysnięty jako część komponentu rdzenia.

Wstępną kalkulację przedstawia zależność poniżej:

Dane potrzebne do kalkulacji:

Typ komponentu TWW: _____ Cena/kg: _____

Typ komponentu rdzenia: _____ Cena/kg: _____

Waga wypraski: _____ g

System wlewkowy: _____ g

Stosunek komponent TWW / komponent rdzenia: _____ / _____

Koszty tworzywa / wypraska

$$= (m_{\text{(wypraska)}} * \text{cena (TWW)} * \% \text{ TWW}) + (m_{\text{(wypraska)}} * \text{cena (TWR)} * \% \text{ TWR}) + (m_{\text{(zimny kanał)}} * \text{cena (TWR)})$$

11. Kombinacje procesów

Poza przedstawionymi już zastosowaniami, proces monosandwich może być sprężony z innymi technologiami wtryskowymi, co pozwala na zwiększenie potencjału innowacyjności oraz produktywności. Kombinacje takie dają następujące możliwości:

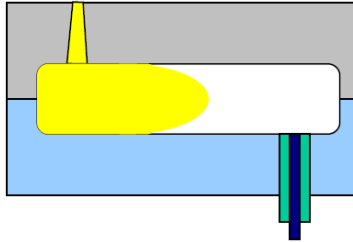
- wzrost produktywności,
- polepszenie jakości produkowanych elementów,
- redukcja produktów odpadowych,
- wprowadzanie specjalnych właściwości wyprasek.

11.1. *Monosandwich w połączeniu z technologią wspomagania procesu wtryskiwania wodą lub gazem (Fluidinjektion.)*

Kombinacja procesu monosandwich z technologią Fluidinjektion jest jak najbardziej możliwa. Szczególnie w przypadku grubościennych elementów połączenie procesu mono z procesem AIRPRESS III (sprężone powietrze) może być bardzo korzystne. Przebieg takiego procesu wygląda następująco:

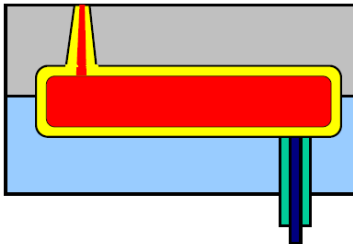
- wypełnianie gniazda formy jak w przypadku monosandwich,

a)



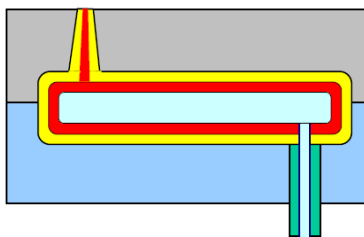
- krótka faza docisku, potrzebna do wytworzenia stabilnej warstwy zewnętrznej oraz do ukształtowania powierzchni,

b)



- wypychanie plastycznego rdzenia do komory ślimaka lub gniazda bocznikowego,

c)



Rys. 32. Fazy procesu: a) wypełnianie gniazda, b) docisk, c) wypchanie komponentu TWR [8]

Zaletami wykorzystania takiej kombinacji są:

- redukcja wagi wypraski,

- dobra jakość powierzchni poprzez zapobieganie tworzeniu się nagromadzeń materiałowych,
- redukcja czasu cyklu poprzez zmniejszenie grubości ścianek.

Przykładem tutaj może być wykorzystanie takiej kombinacji w produkcji klamek samochodowych. Wymagana sztywność tego elementu osiągnięta jest za pomocą dodania włókien szklanych w komponent rdzenia przy równoczesnym zachowaniu dobrej jakości powierzchni tworzywem bez dodatków wzmacniających. Poprzez wypchnięcie (wydmuchanie) rdzenia zapobiega się powstawaniu obszarów grubościennych oraz zapadnięć z nimi związanych. Dzięki temu redukuje się istotnie czas cyklu.



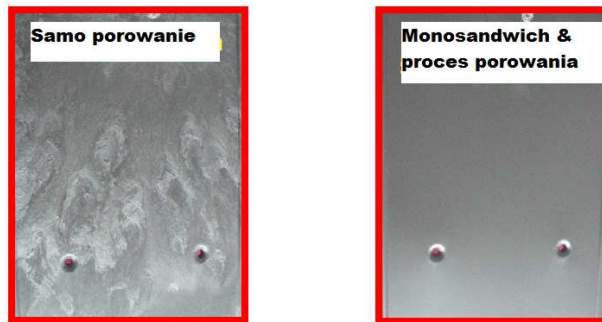
Rys. 33. Klamka samochodu wykonana w kombinacji technologii monosandwich ze wspomaganie gazem [8]

11.2. Monosandwich i porowaty rdzeń

W takiej kombinacji komponent rdzenia zostaje potraktowany chemicznym dodatkiem porującym lub jego porowatość osiągnięta jest metodami fizycznymi. Przebieg procesu z dodatkiem środków chemicznych wygląda identycznie jak w przypadku samego procesu monosandwich, ponieważ środki te dodawane są już w trakcie zasypu tworzywa do cylindra ślimaka. W przypadku porowania fizycznego, gaz spieniający dodawany jest do komponentu rdzenia poprzez specjalną dyszę, podczas jego plastyfikacji (Rys. 29).

Zaletami wykorzystania takiej kombinacji są:

- idealna jakość powierzchni w porównaniu z wypraskami w całości porowatymi



Rys. 34. *Oparcie krzesła* [8]

- redukcja wagi wypraski,



Rys. 35. *Oparcie krzesła* [8]

- redukcja czasu cyklu,
- zmniejszenie wymaganej siły zwarcia formy.

11.3. *Monosandwich i wtrysk wielokomponentowy*

Wtrysk wielokomponentowy tak jak proces monosandwich daje ogromny potencjał możliwości twórczych elementów z tworzyw sztucznych, wpływające na właściwości tych wyrobów oraz wzrost produktywności. W kombinacji tych dwóch procesów wyróżnia się ich dwie możliwości wykorzystania:

1. Obtryskiwanie półproduktów (półwytworów, wkładek)

W tym konkretnym wariantcie, wtryskiwany jest element jako półprodukt w oddzielnym procesie, a następnie zostaje on po wprowadzeniu do formy obtryśnięty innym tworzywem. Proces obtryskiwania takich deponentów odbywa się za pomocą technologii monosandwich.



Rys. 36. *Rączka zmiany biegów* [8]

Za pomocą takiej kombinacji wytwarzana jest rączka od drążka zmiany biegów. Kombinacja dwóch różnych typów TPE daje przyjemność w dotyku, a jednocześnie zapewnia odporność na ścieranie oraz stabilizację przed promieniowaniem UV.

2. Dotrysk trzeciego komponentu

Kolejną możliwością jest dotrysk / obtryk wypraski powstałej w procesie monosandwich. W tym przypadku wytwarzana jest najpierw wypraska w technologii monosandwich, która to w następstwie dotryskiwana jest trzecim komponentem (np. z TPE) jako uszczelnienie.

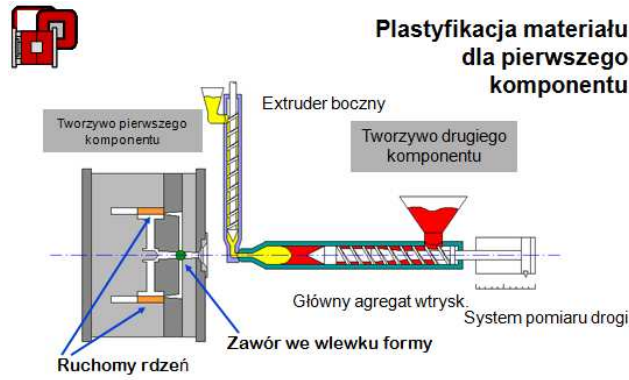


Rys. 37. Rama wentylatora chłodnicy ciężarówki [8]

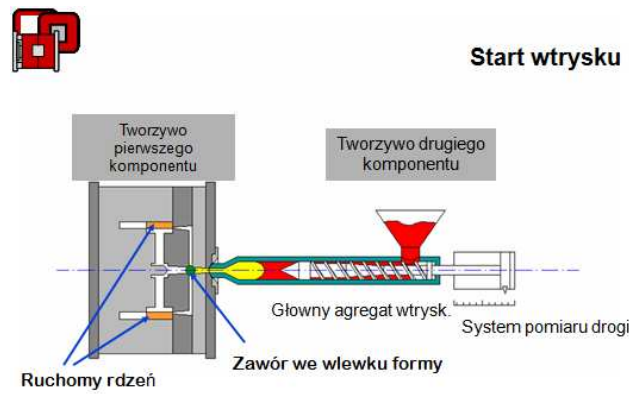
Przykładem takiego połączenia procesów jest wykonanie ramy wentylatora chłodnicy samochodu ciężarowego na maszynie 800 tonowej – Ferromatik typu MAXIMA. Po zakończeniu wtrysku komponentów TWW i rdzenia za pomocą zimno kanałowego rozdzielacza, dotryśnięty zostaje trzeci komponent (TPE czerwony), tworząc uszczelnienie.

11.4. Monosandwich dla gniazd formy o specjalnej konstrukcji

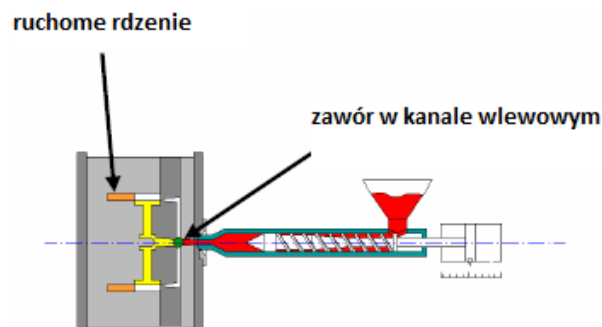
Zastosowanie odpowiedniego rozwiązania technicznego w formie pozwala wykorzystać maszynę wyposażoną w technologię monosandwich, jako tradycyjną maszynę dwukomponentową. Przebieg plastyfikacji oraz wtrysku podczas takiej kombinacji odpowiada procesowi monosandwich. Poprzez rdzenie w formie (suwaki), obszar, który wypełniony ma zostać drugim komponentem jest wstępnie zamykany. Po tym jak pierwszy komponent został wtryśnięty, rdzenie zostają wycofane, zwalniając tym wolny obszar gniazda na drugi komponent. W kanale wlewkowym znajduje się rodzaj zaworu przełączającego, który kieruje wpływ drugiego komponentu w odpowiedni wolny obszar gniazda. Technika ta pozwala na pracę z rozdzielaczem gorąco kanałowym, w szczególności dla drugiego komponentu.



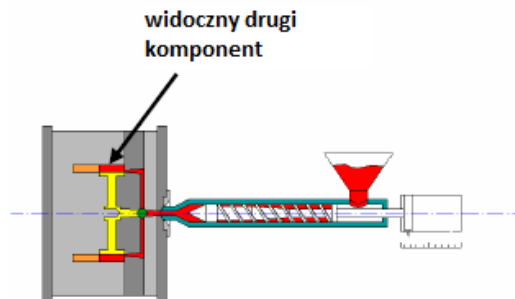
Rys. 38. Plastyfikacja komponentów rdzenia i TWW [8]



Rys. 39. Wtrysk komponentów przy zamkniętych rdzeniach [8]



Rys. 40. Rdzenie zostają wycofane. Zawór przełączający w formie zwalnia drugą drogę płynięcia



Rys. 41. Drugi komponent wypełnia wolny obszar gniazda



Rys. 42. Kółka wyprodukowane w systemie monosandwich i techniki formy [8]

12. Przykłady produkowanych seryjnie wyprasek w technologii monosandwich

Poniżej przedstawiono przykłady produkowanych seryjnie wyprasek w tej technologii:

a) Tylny spojler

Branża samochodowa

Kombinacja tworzyw

TWW ASA

TWR ABS z włóknem szklanym

Zalety wytworu:

- idealna jakość powierzchni przez tworzywo bez dodatków wzmacniających,

- bezproblemowa zdolność do lakierowania,
- cymagana sztywność osiągnięta dzięki wzmocnionemu komponentowi rdzenia,
- dwa gniazda wypełniają się symetrycznie, dzięki zastosowaniu wlewka w kształcie taśmy, znajdującego się w centralnej części,



Rys. 43. *Spojler tylny* [8]

b) Boczna osłona fotela

Branża samochodowa

Kombinacja tworzyw

TWW PP

TWR PP z włóknem szklanym

Zalety wytworu:

- idealna jakość powierzchni przez tworzywo bez dodatków wzmacniających,
- wymagana sztywność osiągnięta dzięki wzmocnionemu komponentowi rdzenia,
- równomierne rozprowadzenie się komponentu rdzenia dzięki dobrze umiejscowionemu punktowi wtryskowemu oraz odpowiedniej geometrii.



Rys. 44. *Boczny element osłony fotela* [8]

c) Obudowa głośnika

Branża elektrotechniczna

Kombinacja tworzyw

TWW SB

TWR SB + chemiczny spieniacz

Zalety wytworu:

- idealna jakość powierzchni przez eliminację zapadnięć,
- redukcja wagi przez strukturę porowatą,
- redukcja kosztów dzięki tańszemu komponentowi rdzenia.



Rys. 45. *Obudowa głośnika* [8]

d) Obudowa kół zębatach

Branża motoryzacyjna

Kombinacja tworzyw

TWW PP T20

TWR TPE

Zalety wytworu:

- redukcja kosztów, hałasu i wibracji,
- absorpcja wstrząsów.



Rys. 46. *Ostona kół zębatach* [8]

e) Obudowa lusterka samochodowego

Branża samochodowa

Kombinacja tworzyw

TWW PC/ABS czarny

TWR PC/ABS regranulat

Zalety wytworu:

- idealna jakość powierzchni,
- możliwość lakierowania i galwanizowania,
- odporność UV,
- właściwości mechaniczne.



Rys. 47. Obudowa lusterka zewnętrznego. Lewe i prawe [8]

f) Element zabawki

Branża zabawkarska

Kombinacja tworzyw

TWW PS

TWR regranulat

Zalety wytworu:

- redukcja kosztów.



Rys. 48. Dno statku zabawki. Komponent TWW dla uwidocznienie rdzenia transparentny [8]

g) Obudowa aparatu

Branża fotograficzna

Kombinacja tworzyw

TWW termoplast (zielony)

TWR TPE (czerwony)

Zalety wytworu:

- absorpcja wstrząsów.



Rys. 49. Obudowa aparatu fotograficznego [8]

h) Doniczka

Branża ogrodnicza

Kombinacja tworzyw

TWW termoplast (kolor X)

TWR termoplast (kolor Y)

Zalety wytworu:

- dodatkowe efekty wizualne,
- redukcja kosztów – możliwość użycia re granulatu.



Rys. 55. Doniczki. Uzyskany efekt wizualny dzięki przedawkowaniu komponentu rdzenia
(Zdjęcie: A. Jeran)

i) Klamka samochodowa

Branża samochodowa

Kombinacja tworzyw

TWW PA

TWR PA + 60% włókien szklanych

Zalety wytworu:

- idealna powierzchnia,
- możliwość lakierowania lub galwanizowania,
- stabilność UV,
- właściwości mechaniczne.



Rys. 56. Klamka samochodowa. Zaznaczony stosunek TWW do TWR [8]

j) Klamka lewa i prawa BMW X3

Branża samochodowa

Kombinacja tworzyw

TWW PA 12 + szklane kuleczki Grilamid XE

TWR PA 6 + 60% włókien szklanych

Waga wypraski 246g

Stosunek skóra/rdzeń 40% / 60%

Kombinacja procesów monosandwich + AIRPRESS II (gniazda boczniowe)
40g komponentu rdzenia „wydmuchiwane” do gniazda boczniowego - odpad

Zalety wytworu:

- idealna powierzchnia (kuleczki zapewniają stabilność oraz chwytalność),
- możliwość lakierowania lub galwanizowania,
- stabilność UV,
- właściwości mechaniczne,
- lżejsza konstrukcja,
- redukcja czasu chłodzenia.



Rys. 57. Klamka w całości i przekroju. Widoczne usztywnienie za pomocą WS. (Zdjęcie: A. Jeran)



Rys. 58. Wypraska widoczna w całości z systemem wlewkowym oraz gniazdamy bocznikowymi (Zdjęcie: A. Jeran)



Rys. 59. Wtryskarka Ferromatik K-TEC 200 MSW. Widoczna głowica podająca agregatu wytłaczarskiego w wersji pionowej (Zdjęcie: A. Jeran)



Rys. 60. Wtryskarka Ferromatik K-TEC 200 MSW (Zdjęcie: A. Jeran)

13. Podsumowanie i wnioski

Od pewnego już czasu, proces monosandwich nie jest kojarzony tylko z oszczędnością tworzywa, polegającą na wykorzystywaniu materiałów wtórnych jako rdzenia wypraski. Wypełnienie te można zastąpić dowolnymi materiałami wzmacniającymi lub porowatymi, co znacznie wpływa na sztywność lub na właściwości lepszego tłumienia drgań i dźwięków. Komponent TWW natomiast dobierany jest uwzględniając najlepsze właściwości optyczne lub techniczne. Branża wtryskowa szuka coraz to nowsze rozwiązania spełniające wysokie wymagania odbiorców. Istniejące procesy produkcyjne jak i tworzywa do nich używane analizowane są powtórnie biorąc pod uwagę uzyskanie jak najlepszych właściwości technicznych z jak najmniejszym wkładem kosztów. Często wynikiem takiej analizy jest nowe zaplanowanie procesu produkcji – tak się stało w fabryce VW dla produkcji osłon przeciw odpryskom kamieni w terenowym modelu samochodu Amarok (Rys. 61). Część ta produkowana wcześniej w całości z elastomeru, wtryskiwana jest obecnie z dwóch komponentów TPE i PP w technologii monosandwich (Rys. 62) [2].



Rys. 61. Rajd Dakar. VW Amarok (zdjęcie: Volkswagen)

Nowe rozwiązanie produkcyjne, które realizowane jest na wtryskarce FERROMATIK MILACRON 650 MSW odznacza się lepszymi właściwościami technicznymi tego wyrobu. Skóra zewnętrzna wykonana z TPE charakteryzuje się giętką i elastyczną powierzchnią, natomiast PP znajdujący się w rdzeniu produktu nadaje mu odpowiednią sztywność oraz odporność na uderzenia odprysków kamieni. Osłona dzięki takiemu składowi wypełnienia posiada również odpowiednie właściwości potrzebne do jej zamocowania. Otwory mocujące nie ulegają zerwaniu w przypadku wystąpienia mocniejszych sił działających z zewnątrz. Aby uzyskać pewność, że PP znajduje się we właściwych miejscach rdzenia produktu zmieniono położenie punktu wtrysku [2].



Rys. 62. Osłony przeciw odpryskom kamieni z PP i TPE (Zdjęcie: Schoenek GmbH & Co. KG)

Kombinacja wykorzystanych tworzyw TPE i PP do produkcji osłon traktowana jest jako duży sukces w historii przeanalizowania i nowego projektowania, ponieważ w modelach VW oraz Audi większość części składowych produkowana jest w technologii

monosandwich. Prawdziwy test wytrzymałościowy odbył się dla nowych osłon podczas rajdu Dakar – dwa tygodnie brawurowej jazdy w ekstremalnych piaszczystych i kamienistych warunkach pustynnych.

Zastosowanie technologii monosandwich w produkcji stabilnych uchwytów wyeliminowało dotychczasowe zastosowanie maszyny dwukomponentowej. Skóra tego wyrobu jest z tworzywa ASA, które zapewnia wysokie wymagania branży medycznej, takie jak: czyszczenie, dezynfekcja, dotyk, autentyczność kolorów oraz połysk. Odporność i wytrzymałość na zginanie zapewnia rdzeń wyrobu, który wykonany jest z ABS`u z domieszką 30% włókien szklanych. Podczas wcześniejszej produkcji tego wyrobu na maszynie dwukomponentowej wykorzystany musiał być skomplikowany system wyciągania rdzeni w formie, który przytrzymywał wtrysnięte wcześniej półprodukty (rdzenie z ABS) podczas obtryskiwania drugiego komponentu, co pozostawiało ślady na powierzchni tychże wyrobów [2].



Rys. 63. Rdzeń z ABS wzmocniony 30% dodatkiem włókien szklanych oraz skóra z ASA nadaje temu uchwytowi stabilność oraz funkcjonalność (Zdjęcie: Weber Werkzeugbau)

Zastąpienie dotychczasowego rozwiązania 2K technologią monosandwich, daje możliwość uzyskiwania wyprasek przy mniejszych nakładach ekonomicznych – brak skomplikowanych części ruchomych formy oraz jednoczesne uzyskanie powierzchni bez śladów produkcyjnych a wypełnienie rdzenia z domieszką włókien szklanych.

Wysokiej jakości i optycznie atrakcyjne krzesło z PP produkowane jest również metodą monosandwich. Aby sprostać wysokim wymaganiom optycznym oraz dotykowym, w rdzeń części siedzeniowej i oparciowej krzesła wtryskiwany jest PP z 40% domieszką włókien szklanych. Wypraska połączona jest wlewkiem w postaci pręta, co pozwala na rozprowadzenie tworzywa rdzenia według ustaleń z projektantem wytworu oraz sprostanie wymogom technicznym wyrobu. W części środkowej wysoka wytrzymałość na zginanie osiąga swój punkt krytyczny, a w narożnikach zostaje zachowana miękka właściwość PP. Materiał zawierający włókna szklane, w technologii monosandwich, pozostaje zawsze w plastycznym rdzeniu wyrobu nie przebijając się na jego powierzchnię. Dzięki zastosowaniu tworzywa wzmocnionego włóknem szklanym w rdzeniu tego wyrobu można zredukować jego całkowitą grubość ścianek, a co za tym idzie redukuje się jednocześnie zużycie tworzywa potrzebnego na jego produkcję [2].



Rys. 64. Siedzisko tego krzesła wzmocnione jest wewnątrz domieszką 40% włókien szklanych. TWW bez barwnika pozwala zobaczyć komponent rdzenia (Zdjęcie: Kraft/Owi GmbH)

Wyzwaniem technicznym jest zamierzone ulepszenie akustyki lub elektrycznego ekranowania wyprasek. Miękkie tworzywo jak TPE w rdzeniu tłumi rozchodzenie się fal dźwiękowych powodując, że nielubiany i niechciany rezonans dźwiękowy wszelakich osłon z tworzyw sztucznych staje się w tym przypadku nieaktualny. Zalicza się tutaj obudowy wszelkiego rodzaju wchodzące w skład osłon, które zamontowane są w głośnych silnikach lub przekładniach, gdzie akustyka stanowi poważne wyzwanie. Nawet w złożonych wypraskach technicznych, do których produkcji wykorzystuje się formy trzypłytkowe z zimnokanałowym punktem wtrysku istnieje możliwość wtryskiwania miękkiego tworzywa w ważnych miejscach jako rdzeń takiej wypraski. Typowym obszarem zastosowań są tutaj obudowy silników oraz części osłon napędów elektrycznych, takich jak wycieraczki, urządzenia unoszenia i obniżania szyb oraz ustawiania foteli w branży samochodowej.

Jeśli komponentem rdzenia jest tworzywo przewodzące prąd elektryczny (np. wypełnione włóknami stalowymi lub kompozytami z włóknami węglowymi) wytwarzany jest wówczas produkt o bardzo dobrej jakości powierzchniowej z jednocześnie mocnym ekranowaniem elektrycznym [2].



Rys. 65. Części obudowy osłony przekładni z rdzeniem wykonanym z miękkiego TPE w celu stłumienia dźwięków (Zdjęcie: Kraft)

Jedną z bardziej popularnych metod wykorzystania technologii monosandwich jest wtryskiwanie regranulatu w miejsce rdzenia wypraski. Częstym zjawiskiem w fabrykach wtryskowych jest wykorzystywanie odpadu produkcyjnego oraz wlewków formujących i procentowe domieszywanie ich do ponownego przetwarzania. Niektóre z firm odsprzedają swoje odpady po atrakcyjnych cenach. Podczas produkcji wyprasek z tworzyw z domieszkami zmielonych odpadów istnieje ryzyko, że poprzez gorsze wysuszenie takiego tworzywa zauważalne będą smugi płynięcia lub inne zanieczyszczenia na powierzchni wyrobu.

Najlepszą dlatego metodą wtryskiwania regranulatu jest zastosowanie technologii monosandwich, dzięki której, ewentualnie lekko zabrudzone recyklaty wtryskiwane są w rdzeń wypraski, przy zachowaniu idealnej powierzchni wykonanej z nowego tworzywa bez skaz. Ta metoda produkcyjna zastosowana może być prawie we wszystkich przedsiębiorstwach produkcyjnych, gdzie osoby odpowiedzialne muszą tylko wykazać się chęcią i cierpliwością by zastosować ją dla odpowiedniego wyrobu. Każde przedsiębiorstwo zmuszone jest do oszczędnego obchodzenia się z drogim tworzywem oraz szukaniem sensownych możliwości zastosowania recyklatów. W ten sposób uzyskana redukcja kosztów odbijać się może na cenach wyprasek dla klienta lub też zwiększa przychód przedsiębiorstwa [2].

W technologii monosandwich dzięki wtryskiwaniu zimniejszego rdzenia (na granicy płynięcia), czas chłodzenia daje się istotnie zredukować. W przemyśle np. szrotkarskim proporcjonalnie do grubości elementu oraz zawartości komponentu rdzenia uzyskuje się minimalne skrócenia czasu chłodzenia na każdej formie w zakresie od 10 do 40%.

Często stawiane jest pytanie dotyczące wytrzymałości lub stabilności konstrukcyjnej wyprasek wytwarzanych metodą monosandwich. Badania wykazały, że parametry takie jak wytrzymałość na ścinanie, zginanie oraz udarność skupione są w części środkowej dwóch użytych tworzyw. Oznacza to, że uzyskana grubość ścianek składająca się z rdzenia i TWW odpowiada danym technicznym wyrobów jednolitych [1].

Wypraski o złożonej geometrii stawiają kolejne wyzwanie dla technologii monosandwich. Tworzywo płynące strumieniowo wypełnia gniazda formy w zależności od grubości ich ścianek. Biorąc pod uwagę zdolność płynięcia komponentu rdzenia i TWW nie daje to w pełni kontrolować ich rozmieszczenia się w gniazdach formy podczas wtrysku. Jedynie zmiany w prędkości wtrysku oraz temperatury tworzywa mają wpływ na zmianę końcowego rezultatu. Jeżeli natomiast komponent rdzenia ma zostać umieszczony w określonym miejscu, przyjęło się w takich przypadkach zastosowanie małych gniazd bocznych (Rys. 66). Takim sposobem uzyskuje się efekt np. wzmacniania w wypraskach części takich jak: elementy mocujące, oczka, punkty montażowe i łączenia. Gniazdo boczne połączone jest poprzez przewężkę i odpada samo podczas odformowania lub w przypadku zastosowania grubszego połączenia odcinane jest przez robota wyjmującego wypraski [2].

Istnieje również możliwość stosowania dodatków porujących tworzywo znajdujące się w rdzeniu wypraski. Podczas chłodzenia wytrącające się pęcherzyki gazu powodują wzrost ciśnienia plastycznego rdzenia wypraski, wypychając skórę w kierunku zimnych ścianek formy. Skóra pozostaje gładka bez smug, a zapadnięcia zostają wyeliminowane. Jako przykład można tutaj podać produkowane w taki sposób słuchawki prysznicowe. Ten produkt posiada grube ścianki oraz ładną powierzchnię bez zapadnięć, którą da się lakierować i galwanizować [2].



Rys. 66. *Gniazda boczniowe dają możliwość umieszczania komponent rdzenia w określonym miejscu (Zdjęcie: Kraft)*

Zachowana przez lata i niezawodna technologia monosandwich będzie z pewnością umożliwiała opracowanie wielu ciekawych wzorów użytkowych przy niskim poziomie inwestycji.

14. Literatura

- [1] Faerber, C.: Projektarbeit „Monosandwich“. Fachschule fuer Kunststofftechnik, Rehau 2007.
- [2] H. Kraft: Artykuł „Monosandwich“. Magazyn „Kunststoffe 9, 2011“. Carl Hanser Verlag, Monachium.
- [3] T. Zipp: Fließverhalten beim 2-Komponenten-Spritzgießen; Aachener Beiträge zur Kunststoffverarbeitung, Band 3.
- [4] C. Jaroschek: Spritzgiessen fuer Praktiker; Hanser Verlag 2008.
- [5] S. Stitz, W. Keller: Spritzgießtechnik; Hanser Verlag, München 2001.
- [6] Johannaber/Michaeli: Handbuch Spritzgiessen; Hanser Verlag 2001.
- [7] J. Jaroschek: Spritzgießen von Formteilen aus mehreren Komponenten; Technisch wissenschaftlicher Bericht des Instituts für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen, 1994 – 1995.
- [8] Ferromatik Milacron Maschinenbau GmbH.
- [9] www.ferromatik.com (Stan na dzień 30.11.2011).
- [10] www.3-pi.de (Stan na dzień 30.11.2011).