

ŚRODKI ANTYADHEZYJNE DO UWALNIANIA WYROBÓW Z FORM



Istnieje duża grupa środków przeznaczonych do ułatwiania uwalniania wyrobów z form. Dotychczas nie zostały one jednoznacznie sklasyfikowane. Ze względu na ich duże znaczenie w praktyce przemysłowej, omówiono je stosując własne kryteria podziału. Do tej grupy zaliczono środki antyadhezyjne do uwalniania:

- betonu,
- wyrobów ceramicznych,
- wyrobów z tworzyw sztucznych i elastomerów,
- wyrobów szklanych.

Adhezja (łac. adhaesio) – przyłgnięcie, przystawanie, łączenie się powierzchni dwóch różnych ciał (stałych lub ciekłych) na skutek przyciągania międzycząsteczkowego.

Antyadhezja – przeciwdziałanie adhezji, poprzez rozdzielenie powierzchni dwóch różnych ciał, w wyniku zastosowania substancji rozdzielających.

6.1 Środki antyadhezyjne do uwalniania betonu z form

Beton obok stali stał się podstawowym materiałem konstrukcyjnym współczesnych budowli. Materiałami eksploatacyjnymi, które również znalazły powszechne zastosowanie w budownictwie są środki antyadhezyjne do uwalniania betonu z form, zwane również środkami lub olejami formierskimi do betonu.

6.1.1 Cement

Podstawowymi surowcami do produkcji wyrobów betonowych jest cement, piasek i woda. Dwa ostatnie surowce nie wymagają szczególnego omówienia, aczkolwiek ich jakość może mieć istotne znaczenie dla procesów technologicznych, trwałości czy też estetyki wyrobów.

Cementami nazywa się szeroką grupę spoiw otrzymywanych w różnych procesach i z różnych surowców. Wyróżnia się następujące podstawowe gatunki cementów:

- cementy właściwe, otrzymywane przez wypalanie mieszanin gliny z marglem, wiążące się pod wpływem wody,
- cementy krzemianowe, wiążące się wskutek reakcji ze szkłem wodnym,
- cementy organiczne, na osnowie tworzyw sztucznych, w licznych odmianach, w zależności od zastosowanych w ich składzie tworzyw sztucznych,
- cementy bitumiczne, w których lepiszczem są produkty przeróbki ropy naftowej i smoły pogazowej (cementy kwaso- i ługoodporne),
- cementy glejto-glicerynowe (cementy kwasoodporne),
- cementy gipsowe.

Podstawową grupę cementów stanowią cementy właściwe, do których zalicza się:

- **Cement portlandzki** i jego liczne modyfikacje i odmiany, jest otrzymywany z margli lub wapieni zmieszanych z gliną. Po zmieszaniu składniki są spiekane w temperaturze około 1100°C w specjalnych obrotowych piecach, dając tzw. klinkier. Po dodaniu niewielkiej ilości gipsu, klinkier jest mielony w młynach kulowych. Gatunki cementu portlandzkiego są oznaczane liczbami, np.: 250, 350, 400, oznaczającymi wytrzymałość twardej zaprawy na ściskanie, wyrażoną w kG/cm².
- **Cement glinowy** jest otrzymywany z mieszaniny boksytu i wapienia. W porównaniu z cementem portlandzkim, odznacza się on znacznie krótszym okresem twardnienia oraz odpornością na działanie wody morskiej.
- **Cement hutniczy** jest otrzymywany z mieszaniny żuźla wielkopieczowego, klinkieru i gipsu. Po stwardnieniu jest odporny na wysokie temperatury i działanie wód agresywnych.
- **Cement gipsowy** w licznych odmianach, otrzymywany z żuźla wielkopieczowego, gipsu półwodnego i cementu portlandzkiego lub wapna hydratyzowanego. Przeznaczony do produkcji elementów narażonych na działanie wód agresywnych.
- **Cement naturalny** (romański) jest otrzymywany w procesie wypalania margli, zawierających węglan wapniowy i substancje ilaste. Ma właściwości pośrednie pomiędzy wapnem hydraulicznym a cementem portlandzkim.
- **Cement magnezowy** (cement Sorela), jest to spoiwo otrzymywane z wypalonego magnezytu ze stężonym roztworem chloru magnezowego, przeznaczony do stosowania jako spoiwo oraz składnik ksyolitu, stosowanego jako materiał wykładziny podłogowej oraz do blatów stołów laboratoryjnych itp.
- **Cementy specjalne**, otrzymywane z różnych surowców i przeznaczone do specjalnych zastosowań, np.: cementy ekspansywne – jako materiały uszczelniające.

Cementy mogą zawierać rozmaite wypełniacze, jak mączki kwasoodporne, grafit, sproszkowany węgiel, żużel, substancje włókniste, itp. oraz dodatki, dając cementy o specyficznych właściwościach. Zastosowanie odpowiednich gatunków cementu pozwala na uzyskanie wyrobów betonowych o wymaganych właściwościach.

6.1.2 Beton

Beton jest to mieszanina cementu i kruszywa, zarobiona wodą, twardniejąca wskutek procesów wiązania i twardnienia cementu. Najważniejszym składnikiem cementu jest bezwodny krzemian wapniowy (SiO₂·3 CaO). Reaguje on z wodą, wg reakcji (6.1), tworząc hydrat 2(SiO₂·CaO)·5H₂O, stanowiący lepiszcze kruszywa.



Powstający w tej reakcji wodorotlenek wapnia reaguje (6.2) z atmosferycznym ditlenkiem węgla, tworząc węglan wapnia, który również jest materiałem wiążącym.



Zachodzące przy tym reakcje są egzotermiczne, co powoduje wzrost temperatury i przyspiesza proces wiązania betonu.

Beton kruszywowy najczęściej otrzymuje się poprzez zmieszanie kruszywa, cementu i wody oraz ewentualnie domieszek w mieszalnikach, zwanych betoniarzami.

Beton kruszywowy stosuje się do wznoszenia konstrukcji betonowych i żelbetonowych, przegród izolujących termicznie i akustycznie oraz do wyrobu różnych elementów prefabrykowanych (płyty stopowe, płyty ścienne, dźwigary, prefabrykowane konstrukcje szkieletowe, pustaki cementowe, kostki drogowe itp.).

Wyróżnia się wiele gatunków betonu kruszywowego. W zależności od gęstości beton kruszywowo dzieli się na:

- ciężki - o gęstości powyżej 2600 kg/m³,
- zwykły - o gęstości 1800...2600 kg/m³,
- lekki - o gęstości poniżej 1800 kg/m³.

W zależności od stopnia plastyczności wyróżnia się beton kruszywowo: lany (ciekły), półciekły (plastyczny), ubijany.

W zależności od rodzaju zastosowanego kruszywa, wyróżnia się:

- żwiroboton,
- żużlobeton,
- beton z kruszywem lekkim,
- gruzobeton,
- beton trocinowy.

Beton może być zbrojony stalą (żelbet) a także sprężony (kablobeton, strunobeton). Specjalną odmianą betonu jest tzw. beton komórkowy.

Beton komórkowy, zwany również gazobetonem jest aktualnie najpopularniejszym materiałem budowlanym. Wytwarza się go z piasku i/lub lotnych popiołów, cementu i wody, z zastosowaniem specjalnych spulchniaczy oraz detergentów. Składniki miesza się w odpowiednich proporcjach i wlewa do stalowych lub aluminiowych form, których wewnętrzne powierzchnie są pokryte bardzo cienką warstwą oleju formierskiego. Masę pozostawia się do ostygnięcia i związania. Już w trakcie stygnięcia masa betonowa zwiększa swoją objętość (rośnie) i uzyskuje specyficzną chropowatą fakturę. W odpowiednim momencie, gdy masa betonowa daje się jeszcze kształtować, częściowo wypełnione formy wkłada się do pieca o temperaturze 150...200°C. W tym procesie beton zwiększa swoją objętość około 3 razy, wypełniając dokładnie formę. W końcowej fazie wygrzewania beton twardnieje i zwiększa swoją wytrzymałość.

Beton komórkowy jest lekki; jego gęstość w zależności od przewidzianych zastosowań wynosi około 550...1300 kg/m³, a wytrzymałość na ściskanie 40...75 kG/cm². Stanowi on doskonałą izolację termiczną, można go ciąć, wycinać rowki i szczeliny, wiercić pod kable i przewody rurowe itp. Wytwarza się z niego bloki ścienne, płyty oraz elementy zbrojone.

Beton komórkowy jest klasyfikowany wg: zastosowanych surowców, sposobu wytwarzania, porów, przeznaczenia (konstrukcyjne oraz izolacyjne), a także wg technologii wytwarzania: Siporex, Ytong, Hebel, Unipol itd.

Aktualnie w Unii Europejskiej są opracowywane przepisy dotyczące ekologicznych technologii i wymagań na wyroby z betonu komórkowego. Przewiduje się, że przepisy te będą również dotyczyły wymagań na oleje formierskie. Powinny one być nietoksyczne i biodegradowalne.

W produkcji cegieł, dachówek i innych wyrobów ceramicznych, jako surowiec jest stosowana glina. Jest to pospolity surowiec ilasty, zawierający minerały: kaolin, itality, montmorillonit oraz tlenki żelaza, nadające czerwony kolor wyrobom po wypaleniu. Wyróżnia się następujące podstawowe gatunki glin:

- ceglarskie,
- fajansowe,

- kaflarskie,
- kamionkowe,
- garncarskie,
- ogniotrwałe,
- porcelitowe i inne.

6.1.3 Problem uwalniania wyrobów betonowych z form

Jednym z problemów, jaki występuje w budownictwie i produkcji elementów budowlanych, są uszkodzenia powierzchni wyrobów bezpośrednio przylegających do form lub szalunków. Uszkodzenia takie są rezultatem zbyt silnego przylegania betonu do powierzchni formy lub szalunku w procesie wiązania betonu. Częstość powodem jest niestosowanie olejów formierskich, stosowanie niewłaściwych olejów lub stosowanie ich w nadmiarze, a także stosowanie zabrudzonych form. Rezultatem są zwiększone koszty związane z odrzuceniem wykonanych elementów przez kontrolę jakości lub pogorszenie estetyki wyrobu, a niekiedy nawet pogorszenie parametrów wytrzymałościowych.

W praktyce, w celu zapobiegnięcia takim przypadkom, są stosowane oleje formierskie do uwalniania betonu z form. W zależności od gatunku betonu, stosowanego procesu technologicznego, kształtu formy, temperatury wiązania betonu, są stosowane oleje formierskie o zróżnicowanych właściwościach.

Jednym z warunków uzyskania gładkiej powierzchni wyrobów betonowych jest stosowanie olejów formierskich, dostosowanych do danej technologii, gatunku betonu, kształtu i materiału formy, a także do wymagań na wyrób lub fakturę powierzchni, np. w przypadku stosowania technologii „licem w dół”.

6.1.4 Środki formierskie do betonu

Klasyfikacja tej grupy środków dotychczas przez ISO nie została opracowana. Środki formierskie do betonu, norma PN-B-19305:1996 klasyfikuje jako:

- olejowe, oznaczane symbolem (O),
- emulsyjne, oznaczane symbolem (E).

W zależności od rodzaju formowanego betonu norma wyróżnia dwa rodzaje olejów:

- do betonu kruszywowego, oznaczane symbolem (K),
- do betonu komórkowego, oznaczane symbolem (L).

PN-B-19305 przewiduje kilka metod badań i wymagań, istotnych z punktu widzenia właściwości użytkowych środków do uwalniania betonu z form. Bada się między innymi:

- zatłuszczenie powierzchni betonu,
- zmianę barwy powierzchni betonu,
- wpływ środka adhezyjnego na powierzchnię formy, obejmujący: przywieranie i korozję form,
- wpływ środka adhezyjnego na trwałość betonu, obejmujący: wytrzymałość betonu na ściskanie oraz skuteczność działania w zależności od czasu formowania,
- wpływ środka adhezyjnego na warunki sanitarne, obejmujący: działanie toksyczne, drażniące i uczulające oraz zanieczyszczenia ścieków, zanieczyszczenia powietrza,
- trwałość środka adhezyjnego: olejowego i emulsyjnego,
- wpływ środka adhezyjnego na trwałość styropianu.

Do oceny tych właściwości, PN-B-19305 przewiduje specyficzne metody badań i określa wymagania.

Praktycy budownictwa i producenci wyrobów betonowych często posługują się własnymi klasyfikacjami według: przeznaczenia, mechanizmu działania, ale także według innych kryteriów, istotnych w praktyce eksploatacyjnej.

Wyróżnia się trzy podstawowe rodzaje środków formierskich do uwalniania betonu z form:

- do bezpośredniego stosowania jako olej,
- do stosowania w postaci emulsji wodno-olejowych,
- do stosowania w postaci żelu.

Ponadto, często są wyróżniane oleje formierskie do betonu komórkowego oraz do wyrobów ze materiałów specjalnych, np. YTONG czy też betonu włóknistego. Specjalną grupę tego typu środków stanowią biodegradowalne oleje formierskie.

Dotychczas nie zostały wypracowane szczegółowe wymagania normatywne dotyczące jakości tego typu olejów. Poszczególne producenci olejów, a także wielkie firmy produkujące prefabrykaty z betonu stosują własne, wewnętrzne wymagania, oparte o uzyskane doświadczenia i wieloletnią współpracę z czołowymi firmami budowlanymi, zajmującymi się przetwórstwem betonu, produkcją wyrobów ceramicznych itp.

W niektórych przypadkach, w celu przyspieszenia procesu wiązania betonu, stosowana technologia wymaga podgrzewania form, najczęściej do temperatury 60...80°C. Oleje formierskie do tych celów powinny odznaczać się odpornością na utlenianie. Oleje takie, obok stabilnej chemicznie bazy, muszą zawierać specjalny zestaw inhibitorów utlenienia zapobiegających przyspieszonemu rozkładowi oleju. Ponadto, oleje formierskie przeznaczone do stosowania w formach stalowych powinny zawierać inhibitory korozji, w celu przeciwdziałania rdzewieniu powierzchni form.

W zakres olejów formierskich wchodzi również oleje do produkcji elementów ze zwykłej gliny wypalanej, wyrobów garncarskich, i armatury z porcelitu oraz do ochrony przed przyleganiem betonu betoniarek i sprzętu mieszającego. W produkcji tego rodzaju wyrobów są stosowane oleje formierskie o bardzo dużej kwasowości, co ułatwia szybkie uwalnianie wyrobów z form.

6.1.5 Skład chemiczny środków formierskich do betonu

Pierwotnie jako środek do uwalniania betonu z form stosowano (i jeszcze niekiedy są stosowane) mieszaniny oleju napędowego lub lekkiego oleju opałowego z oleiną (technicznym kwasem oleinowym). Jako środek do uwalniania betonu z form są stosowane również tanie oleje smarowe, czasami nawet oleje przepracowane.

Wadą olejów napędowych jest ich toksyczność, związana z obecnością w ich składzie szkodliwych węglowodorów aromatycznych, palność (klasa II), nieprzyjemny zapach oraz agresywność względem środowiska naturalnego. Jeszcze bardziej szkodliwe są oleje smarowe i oleje przepracowane, które ze względu na działanie rakotwórcze i ogólnie nie powinny być stosowane do tych celów.

Z tych względów, w większości krajów uprzemysłowionych, o wysokiej kulturze technicznej i wrażliwości ekologicznej społeczeństw, zaistniały silne tendencje w kierunku poszukiwań olejów formierskich nieszkodliwych i kompatybilnych ze środowiskiem naturalnym. Tendencje te wynikają z następujących przesłanek:

- zwiększonej troski o bezpieczeństwo i komfort pracowników,
- zwiększonej troski o bezpieczeństwo przyszłych użytkowników,
- zwiększonej troski o środowisko naturalne.

W odpowiedzi na te tendencje i zapotrzebowanie powstały specjalne receptury olejów biodegradowalnych, nietoksycznych i o zmniejszonej szkodliwości dla człowieka i środowiska. Ze względu na większe koszty surowców, oleje tego typu są nieco droższe od konwencjonalnych, lecz zadbać by były bardziej wydajne, przynajmniej na poziomie rekompensującym zwiększenie ceny.

Współczesne oleje formierskie są komponowane wg wielu receptur, dostosowanych do specjalistycznych technologii stosowanych w zakładach produkcyjnych.

Specjalną grupę olejów formierskich stanowią oleje biodegradowalne, co oznacza, że są one rozkładane w naturalnym środowisku przez bakterie i nie zawierają składników toksycznych. Są one produkowane na bazie olejów roślinnych (rzepakowy, słonecznikowy, itp.) oraz/lub rozpuszczalników nie zawierających szkodliwych węglowodorów aromatycznych. Ich biodegradowalność wynosi około 95%, podczas gdy biodegradowalność olejów mineralnych nie przekracza 40%. Oleje biodegradowalne często (ale nie zawsze) mają w nazwie przedrostek „bio” lub „eco”. W ich skład, podobnie jak w przypadku olejów konwencjonalnych, mogą wchodzić

substancje o charakterze kwaśnym (aktywne chemicznie) lub powierzchniowo aktywne (aktywne fizycznie) - najczęściej specjalnie dobrane estry.

Zarówno konwencjonalne jak i biodegradowalne oleje formierskie do betonu mogą zawierać inhibitory korozji i rdzewienia, zapobiegające rdzewieniu powierzchni form stalowych oraz inhibitory utlenienia, zapobiegające rozkładowi składników oleju pod wpływem: podwyższonej temperatury, tlenu powietrza, światła, a także katalitycznego działania metali i pyłu cementowego.

Specjalną grupę olejów formierskich stanowią oleje przeznaczone do stosowania w postaci emulsji wodnych (tzw. oleje emulgujące). Obok składników typowych, zawierają one substancje powierzchniowo czynne ułatwiające tworzenie emulsji z wodą. Oleje takie są dostarczane jako tzw. koncentraty, a emulsje, zawierające 10...20% koncentratu, są sporządzane bezpośrednio w zakładzie produkcyjnym lub na budowie.

Wadą tego typu technologii jest stosunkowo mała trwałość emulsji, na ogół nie przekraczająca jednego dnia. Po tym czasie ulega ona rozwarstwieniu i powtórne jej użycie wymaga mieszania. Ponadto emulsja jest czuła na niskie temperatury i nie powinna być przechowywana w temperaturze poniżej 0°C.

Zaletą olejów emulgujących jest dobre krycie powierzchni i związane z tym małe zużycie na jednostkę powierzchni formy. Emulsja nałożona na formę po pewnym czasie odparowuje wodę, a składnik olejowy silnie przywiera do podłoża. W przypadku nowych form drewnianych, emulsja powinna być nakładana dwukrotnie: po raz pierwszy na dwie godziny przed użyciem formy, a następnie bezpośrednio przed jej użyciem. Kolejne użytkowanie form drewnianych wymaga jedнокrotnego nanoszenia emulsji.

6.1.6 Mechanizm działania środków formierskich do betonu

Mechanizm działania olejów formierskich do betonu jest bezpośrednio związany z ich składem chemicznym. Wyróżnia się oleje:

- chemicznie aktywne,
- fizycznie aktywne,
- fizycznie i chemicznie aktywne.

W przypadku olejów chemicznie aktywnych, zawarty w oleju komponent o charakterze kwaśnym (kwasy organiczne) neutralizuje wapno na powierzchni odlewu betonowego, w rezultacie czego reakcja wiązania cementu zostaje zatrzymana. Powierzchnia betonu w kontakcie z formą jest mechanicznie osłabiona, co umożliwia łatwe uwolnienie odlewu z formy. W niektórych przypadkach (produkcja cegieł, dachówek itp.) duża kwasowość olejów formierskich jest niezbędna dla prawidłowego lub szybkiego uwalniania odlewów z form. Zawarte w oleju substancje kwaśne neutralizują alkaliczne składniki gliny. Ważne jest, aby neutralizacja odbywała się jedynie na powierzchni wyrobu i nie zachodziła w głębszych warstwach. Z tego względu zawarte w oleju substancje kwaśne, muszą mieć specjalnie dobraną budowę chemiczną.

Niedoskonałością tego typu olejów formierskich jest osłabienie mechaniczne powierzchni odlewu, co jest szczególnie niekorzystne na krawędziach i przy nadmiarze oleju. Powierzchnia odlewu nie jest idealnie gładka i generuje kurz.

W przypadku olejów fizycznie aktywnych, zawarty w oleju składnik polarny (przeważnie ester, ale i inne substancje polarne również są stosowane) fizycznie adsorbuje się na powierzchni metalu i tworzy na niej silnie przylegający film olejowy. Film olejowy rozdziela powierzchnię formy i odlewu, co umożliwia łatwe uwolnienie odlewu z formy. Kurz nie jest generowany a powierzchnia odlewu jest gładka.

Niedoskonałością tego typu olejów formierskich, jest słabe przywieranie filmu olejowego do powierzchni drewnianych i plastikowych, a także do zabrudzonych powierzchni metalowych. W tych przypadkach są stosowane oleje formierskie o dużej lepkości.

W przypadku olejów fizycznie i chemicznie aktywnych mają miejsce oba, wyżej opisane mechanizmy działania. Przewaga w składzie oleju jednego ze składników kwaśnego lub polarnego,

Tabela 6.1 Wpływ kwasowości i zawartości estrów o charakterze polarnym, w olejach formierskich, na uwalnianie betonu z form

Zawartość kwasów	Kwasowość	Zawartość polarnych estrów	Substancje polarne	Mechanizm uwalniania - jakość powierzchni	Dominujący mechanizm działania
↑	Duża	↓	Brak	Łatwe uwalnianie chemiczne - generowanie kurzu - formy stosunkowo brudne - niska jakość powierzchni	Chemiczny
	Mała		Mało	Uwalnianie fizyczne i chemiczne - obecność w składzie oleju związków polarnych - mało kurzu - formy relatywnie czyste - dobra jakość powierzchni	Chemiczny + fizyczny
	Brak		Dużo	Uwalnianie fizyczne bez działania chemicznego - bez kurzu - bardzo gładkie powierzchnie - formy pozostają czyste	Fizyczny

powoduje przewagę jednego z wspomnianych mechanizmów działania. Jakość składników aktywnych i ich zawartość w sposób zasadniczy wpływają na jakość olejów formierskich.

Wpływ kwasowości i zawartości estrów (związki polarne) w olejach formierskich na uwalnianie betonu z form, ilustruje tabela 6.1.

6.1.7 Nakładanie na powierzchnie form

O ekonomicznej stronie stosowania olejów formierskich decydują następujące czynniki:

- sposób nakładania,
- rodzaj zastosowanego oleju formierskiego: czysty olej lub emulsja wodna,
- lepkość oleju formierskiego,
- materiał formy,
- czystość powierzchni formy,
- mechanizm działania oleju formierskiego,
- porowatość betonu.

Oleje formierskie na powierzchnię formy są nakładane jednym z czterech, opisanych poniżej, sposobów.

Natrysk poprzez specjalne dysze jest sposobem najczęściej stosowanym w dużych, zmechanizowanych wytwórniach wyrobów z betonu i gliny. Jest to sposób najbardziej ekonomiczny, pod warunkiem właściwego dozowania oleju. Ilość dozowanego środka powinna być minimalna, ale zapewniająca równomierne pokrycie powierzchni formy cieniutką warstwą. Stosowanie nadmiaru oleju formierskiego nie tylko zwiększa jego zużycie, ale także jest powodem uszkodzeń powierzchni wyrobów, zmniejszenia ich wytrzymałości, a także powstawania plam i przebarwień.

Zanurzenie formy w oleju formierskim jest metodą często stosowaną na zmechanizowanych liniach prefabrykatów. Forma jest zanurzana w pojemniku z olejem formierskim, po obcieknięciu, na powierzchni formy pozostaje cienka warstwa oleju. Zaletą tego sposobu jest gwarancja dokładnego pokrycia olejem całej wewnętrznej powierzchni formy. O ilości oleju formierskiego jaki pozostanie na powierzchni formy, decyduje jego lepkość oraz czas obciekania. Czas obciekania powinien być dobrany do lepkości oleju tak, aby na powierzchni pozostawił on bardzo cienki film olejowy. Im większa lepkość oleju, tym czas obciekania powinien być dłuższy. I w tym przypadku nadmiar oleju może być szkodliwy.

Nakładanie wałkiem jest najczęściej stosowane w mniejszych wytwórniach oraz tam, gdzie wyroby betonowe są wytwarzane na liniach o małym stopniu zmechanizowania oraz bezpośrednio na budowie, w przypadkach powlekania olejem szalunków. Wadą tego systemu jest możliwość wystąpienia niedokładności w pokryciu powierzchni formy, a tym samym przyklejanie betonu do formy i związane z tym ukruszenia.

Nakładanie pędzlem jest stosowane w przypadkach wyrobów jednostkowych oraz w małych wytwórniach, a także w przypadkach szalunków drewnianych lub stalowych, bezpośrednio na budowie. Podobnie jak w przypadku nakładania wałkiem, wadą tego systemu jest możliwość wystąpienia niedokładności w pokryciu powierzchni formy.

O ilości zużytego oleju formierskiego decyduje również rodzaj zastosowanego środka formierskiego: czysty olej lub emulsja wodna. W przypadkach czystych olejów ich zużycie jest nieco większe niż w przypadku stosowania emulsji. Emulsje, o stężeniu oleju 10...20%, najczęściej są stosowane w przypadkach form drewnianych i szalunków, ale również w przypadku form stalowych. Zawarta w emulsji woda wsiąka w podłoże, a także odparowuje. Na powierzchni formy pozostaje cienka warstewka filmu olejowego. W zastosowaniach do powlekania form stalowych należy upewnić się czy olej zawiera inhibitory rdzewienia.

Jeżeli drewniana forma nie była dotychczas powlekana emulsją olejową, zabieg powlekania powinien być wykonany dwukrotnie; najpierw na 1...2 godzin przed użyciem formy, a następnie bezpośrednio przed jej użyciem.

W praktyce, najczęściej stosuje się oleje formierskie o małej lepkości, wynoszącej 4...35 mm²/s, w temperaturze 40°C. Mała lepkość pozwala na dokładne spryskiwanie formy, a w przypadku technologii polegającej na zanurzeniu formy, powoduje szybkie spłynięcie nadmiaru oleju, pozostawiając na powierzchni cienki film olejowy.

Oleje o dużej lepkości, najczęściej wynoszącej 35...350 mm²/s w temperaturze 40°C, są stosowane w do powlekania stalowych form do betonu komórkowego oraz w tych przypadkach, gdy zachodzi niebezpieczeństwo spłynięcia oleju z powierzchni formy oraz gdy olej na drewniane powierzchnie szalunków jest наносzony ręcznie. Duża lepkość zapobiega wnikaniu oleju w głąb porów wyrobu lub formy, zmniejszając tym samym zużycie oleju. W olejach o dużej lepkości zanieczyszczenia stałe bardzo powoli sedymentują, jest to powodem, że wraz z olejem są one наносzone na formę i mogą uszkadzać wyroby. Z tego względu należy szczególnie dbać o czystość tego rodzaju olejów.

O wydajności oleju formierskiego decyduje również materiał formy. Olej wnika w pory form drewnianych, w tym przypadku zużycie jest znacznie większe niż w przypadku form metalowych lub plastikowych. Należy również mieć na względzie, że nie wszystkie oleje na powierzchni form plastikowych tworzą cienki film olejowy. Niektóre tworzywa sztuczne odznaczają się małą zdolnością do zwilżania olejem. W takich przypadkach powinny być stosowane oleje zawierające specjalnie dobrane substancje powierzchniowo-czynne.

Na uzyskanie czystej i gładkiej powierzchni wyrobu oraz wydajność oleju formierskiego duży wpływ ma czystość powierzchni

formy. Przylepione cząstki betonu nie tylko zanieczyszczają powierzchnię odlew, ale również wchłaniają olej formierski, przyczyniając się do zwiększenia jego zużycia.

Wydajność oleju formierskiego zależy również od opisanego wcześniej (p. 6.1.6) mechanizmu jego działania. W przypadku olejów działających chemicznie, pewna ilość oleju wsiąka do betonu reagując z jego powierzchniową warstwą; zużycie ich jest nieco większe niż w przypadku - nieco mniej skutecznych - olejów działających jedynie fizycznie. Z tego względu szerokie rozpowszechnienie znalazły oleje uniwersalne, w których oba mechanizmy działają jednocześnie.

Wśród czynników decydujących o zużyciu oleju formierskiego należy również brać pod uwagę porowatość betonu. Warstwa powierzchniowa wyrobów wykonanych z betonu o dużej porowatości, w przypadku nadmiaru oleju formierskiego wchłania olej. W takich przypadkach są stosowane oleje o dużej lepkości lub oleje oddziaływujące fizycznie, nanoszone bardzo cienką warstwą.

Podane zasady stosowania olejów formierskich zostały wypracowane w praktycznym użytkowaniu oraz w toku badań eksploatacyjnych, a także poprzez weryfikację wyników tych badań przez renomowane firmy budowlane i produkujące wyroby betonowe. Ponieważ skuteczność działania olejów formierskich zależy od bardzo wielu czynników, ich wydajność oraz efektywność działania powinny być weryfikowane w praktyce.

6.1.8 Właściwości środków formierskich do betonu

W Polsce właściwości i wymagania dla środków formierskich do betonu są sprecyzowane w PN-B19305. Norma ta jest nieco przestarzała i nie obejmuje środków stanowiących światowe osiągnięcia ostatnich lat. Aktualnie nie są ustanowione odpowiednie normy ISO oraz EN. W tej sytuacji bardzo często są stosowane specyfikacje dużych firm budowlanych lub czołowych producentów środków do uwalniania betonu.

Podstawowe wymagania fizykochemiczne stawiane środkom formierskim do betonu najczęściej obejmują:

- gęstość w temperaturze 15°C,
- lepkość kinematyczną w temperaturze 20°C, 40°C oraz w 50°C. Oleje formierskie o dużej lepkości wykazują mniejszą skłonność do spływania z bocznych i nachylonych powierzchni form. Stosuje się je w przypadkach, gdy taka możliwość może mieć miejsce. Oleje o małej lepkości często zawierają rozpuszczalnik, który odparowuje przed zalaniem formy betonem.
- liczbę kwasową (TAN), decydującą o mechanizmie działania oleju w procesie uwalniania z formy.
- liczbę zmydlenia, świadczącą o zawartości w nich związków powierzchniowoczynnych lub biodegradowalnych. Są to specjalnie dobrane estry lub inne związki chemiczne, ulegające zmydleniu. Im większa liczba zmydlenia, tym większa zawartość estru w oleju.
- temperaturę zapłonu w tyglu odkrytym, oznaczaną wg metody Cleveland (COC) lub w tyglu zakrytym, wg metody Pensk'y-Martens (PM). Temperatura zapłonu jest podstawą do zakwalifikowania oleju do określonej klasy niebezpieczeństwa pożarowego. Metoda wg Cleveland, najczęściej jest stosowana dla zakresu temperatury zapłonu w granicach 79...400°C, natomiast metoda Pensky-Martens, dla zakresu temperatury z przedziału 65...200°C. Oleje formierskie do betonu najczęściej zalicza się do klasy niebezpieczeństwa pożarowego A III (przedział temperatury zapłonu 55...100°C) lub są pozaklasowe (temperatura zapłonu >100°C).
- temperaturę płynięcia, będącą parametrem określającym najniższą temperaturę, w której olej może być stosowany. Temperatura stosowania powinna być o około 15°C wyższa od temperatury płynięcia oleju. Olejów formierskich nie należy magazynować w temperaturze niższej niż temperatura płynięcia.

Uwaga: Emulsje wodno olejowe, sporządzane w wytwórni wyrobów betonowych lub bezpośrednio na budowie, nie powinny

być magazynowane i stosowane w temperaturze poniżej 0°C. W takim przypadku emulsja może ulec rozkładowi, a pierwotny stan emulsji może być przywrócony poprzez intensywne mieszanie, co jest poważnym utrudnieniem. Od emulsji na ogół wymaga się trwałości nie mniejszej niż 6 godzin.

Gdy od wyrobu betonowego jest wymagana szczególna czystość powierzchni, są stosowane oleje formierskie jasne - nie plamiące. W przypadku tego typu olejów formierskich, jest oznaczana barwa oleju metodą wzrokową lub wg skali ASTM D 1500. Parametry te są istotne np. w przypadku betonów, które nie będą pokrywane farbami lub wykładzinami, a które będą stanowiły element elewacji.

W przypadku nowoczesnych, biodegradowalnych olejów nietoksycznych oznaczana jest ponadto biodegradowalność wg metody CEC-L-33-A94 lub innej.

6.2 Środki antyadhezyjne do produkcji wyrobów ceramicznych

Ceramika – wyroby wytwarzane z rozdrobnionych substancji nieorganicznych, niekiedy także organicznych i pigmentów, z różnymi dodatkami technologicznymi, wypalane w wysokiej temperaturze. Do ceramiki są zaliczane wyroby: porcelanowe, porcelitowe, fajansowe, kamionkowe, spieki szklane i inne.

Ceramika jest wytwarzana z różnych gatunków gliny lub mieszanek zawierających w swoim składzie gliny. W etapie wstępnym jest otrzymywane tzw. ciasto glinowe (ciasto ceramiczne), zarobione wodą. Ze względu na plastyczność i ciągliwość ciasta glinowego, może ono być kształtowane stosownie do kształtu wyrobu końcowego. Niektóre wyroby ceramiczne są otrzymywane z surowców innych niż glina, tj.: krzemionka, skalenie, tlenki metali glinki porcelanowe, szamot, kordieryty, kaoliny, itd. Surowce te są stosowane najczęściej w wysokim stopniu rozdrobnienia.

Według niektórych technologii kształt wyrobu ceramicznego jest nadawany poprzez stosowanie form lub przez wytłaczanie na prasach mechanicznych. Kolejny etap produkcji polega na suszeniu ukształtowanej masy ceramicznej, w etapie tym następuje kurczenie się wyrobu, co jest uwzględniane poprzez stosowanie odpowiednio większej formy. Wstępnie nadany kształt wyrobu jest utrwalany poprzez wypalanie. Po wypaleniu, wyrób uzyskuje odpowiedni kształt, wymaganą twardość i wytrzymałość mechaniczną.

Do uwalniania z form wyrobów ceramicznych (kamionka, porcelit) są stosowane mieszaniny nie rafinowanej lub rafinowanej ropy z kwasami naftenowymi lub oleiną techniczną. Wprowadzenie kwasów naftenowych lub oleiny ma na celu zwiększenie liczby kwasowej, najczęściej do poziomu 3...6 mgKOH/g. Podobnie jak w przypadku środków do uwalniania betonu z form, kwasy naftenowe reagują z powierzchnią wyrobu, umożliwiając w ten sposób oddzielenie powierzchni wyrobu od powierzchni formy.

Na podstawie składu chemicznego wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje tego typu środków: A (na kwasach naftenowych), B (na oleinie).

Środki typu A są stosowane przy produkcji wyrobów kamionkowych i porcelitowych dla przemysłu i gospodarstwa domowego. Środki typu B są stosowane przy produkcji porcelany elektrotechnicznej.

W przypadku wyrobów ceramicznych z porcelitu i porcelany, przeznaczonych do celów spożywczych są stosowane nafty gęboko rafinowane wodorem z dodatkiem oleiny roślinnej.

W procesach produkcji wyrobów ceramicznych obok środków antyadhezyjnych do uwalniania z form, są stosowane środki smarne zwane plastyfikatorami i upłynniaczami. Są one wprowadzane do mas ceramicznych w celu ułatwienia formowania i nadawania odpowiedniej elastyczności.

Jako upłynniacze są stosowane różnego rodzaju substancje nieorganiczne, organiczne oraz syntetyczne polimery. Ich zasadniczym zadaniem jest nadanie odpowiedniej lepkości oraz stabilności ciastu ceramicznemu.

Jako plastyfikatory są stosowane różne substancje organiczne i nieorganiczne wprowadzane do ciasta ceramicznego w postaci emulsji wodnych, żelów, proszków oraz olejów. Ich zadaniem jest: stabilizacja zawiesiny tworzącej ciasto ceramiczne, ułatwienie formowania wyrobu, zwiększenie mechanicznej wytrzymałości gotowego wyrobu.

6.3 Środki antyadhezyjne do produkcji wyrobów z tworzyw sztucznych i elastomerów

W celu rozdzielenia powierzchni wyrobu i formy w procesach produkcji wyrobów z tworzyw sztucznych i elastomerów, metodami wtrysku, tłoczenia i próżniową, a także w procesach formowania i spawania tworzyw sztucznych, są stosowane specjalne środki antyadhezyjne. Nanoszone na powierzchnię formy, tworzą one cienką, niekiedy tłustą warstewkę, ściśle przylegającą do powierzchni formy. Ich zadaniem jest zapobieganie zapieczeniu wyrobu i ułatwienie wyjmowania z formy, a także uszczelnianie formy. Środki antyadhezyjne są także stosowane do smarowania dysz przedziałniczych, w procesach produkcji włókien polipropylenowych, poliamidowych, poliestrowych i innych. Znajdują też one zastosowanie w przemysłach: gumowym, spożywczym, zabawkarskim, farmaceutycznym, tekstylnym, poligraficznym i obuwniczym.

W przetwórstwie większości tworzyw termoplastycznych, a także termoutwardzalnych są stosowane następujące środki antyadhezyjne:

- frakcje węglowodorowe niezawierające aromatów,
- woski w postaci zawiesin,
- poliolefiny,
- poliamidy,
- poliwęglany,
- etery, np. dibutyloeter,
- silikony.

Środkom antyadhezyjnym do wyrobów z tworzyw sztucznych i elastomerów są stawiane następujące, podstawowe wymagania; powinny one:

- tworzyć na powierzchni formy trwałą warstewkę,
- nie wchodzić w reakcje chemiczne z tworzywem,
- nie palić powierzchni tworzywa,
- nie nawarstwiać się na powierzchni formy,
- uszczelniać formę,
- wytrzymać wymaganą temperaturę powierzchni formy, najczęściej w przedziale 150...300°C,
- chronić powierzchnię formy przed korozją,
- mieć słaby i niedrażniący zapach,
- przeciwdziałać pęknięciom naprężeniowym (formowanie obrotowe),
- umożliwić drukowanie, zgrzewanie, klejenie powierzchni wyrobu.

W przypadku środków antyadhezyjnych stosowanych w produkcji zabawek, opakowań żywności itp. nie powinny one wykazywać właściwości toksycznych, a w określonych przypadkach także być przystosowane do kontaktu z wodą pitną i innymi środkami spożywczymi, w tym z alkoholami. Zróżnicowanie wymagań musi także uwzględniać: materiał, z którego jest wykonana forma, obciążenie i temperaturę pracy formy, wymaganą gładkość wyrobu (błyszcząca lub matowy).

6.4 Środki antyadhezyjne do produkcji wyrobów szklanych

6.4.1 Szkło i produkcja wyrobów ze szkła

Szkło jest to substancja nieorganiczna, która w procesie ochładzania przeszła ze stanu zwykłej cieczy w stan, w której jej lepkość jest większa niż 10^{13} P. Szkło należy traktować jako ciecz przechłodzoną. W stan taki ciekła masa szklana przechodzi podczas oziębiania w temperaturze 400...600°C. Poniżej tej temperatury szkło

staje się ciałem sztywnym, twardym i kruchym. Po schłodzeniu w szkle występują znaczne naprężenia. Po odprężeniu, w temperaturze poniżej temperatury przemiany, szkło wykazuje jednakowe właściwości we wszystkich kierunkach.

Zdolność do tworzenia szkła wykazuje wiele substancji, z tego względu istnieje wiele gatunków szkła. Składnikami podstawowych gatunków szkła, które znalazły szerokie zastosowanie są ditlenek krzemu (SiO_2) i tritlenek boru (B_2O_3), mieszaniny tych tlenków oraz ich stopy z tlenkami potasowców (Na_2O , K_2O , Li_2O) i wapniowców (CaO , MgO , BeO , ZnO) oraz tlenkami ołowiu (PbO), a w szczególnych przypadkach tlenkami innych pierwiastków. Dobierając odpowiednie składniki, otrzymuje się różne gatunki szkła różniące się właściwościami użytkowymi: odpornością na działanie czynników atmosferycznych, rozcieńczonych kwasów, podwyższonej temperatury, połyskiem, gładkością powierzchni, przezroczystością.

Najszerze zastosowania znalazły tzw. szkła krzemianowe. Są one stosowane w wyrobach powszechnego użytku, takich jak: butelki, słoiki, opakowania dla przemysłów: spożywczego, kosmetycznego i farmaceutycznego, ale także w wyrobach dla budownictwa: szyby, izolatory elektryczne itp. Ze względu na swoje właściwości szkło znalazło zastosowanie w przemyśle chemicznym, badaniach (laboratoryjna aparatura szklana) i w wielu innych dziedzinach.

Szkło jest klasyfikowane na wiele sposobów, ze względu na: zastosowanie, skład masy szklarskiej, wygląd oraz inne właściwości. Podstawowa klasyfikacja ze względu na zastosowanie obejmuje następujące gatunki szkła:

- płaskie,
- do wyrobu opakowań,
- gospodarcze,
- oświetleniowe,
- techniczne,
- budowlane,
- optyczne,
- bezpieczne,
- piankowe,
- włókna szklane.

Przemysłowa produkcja poszczególnych wyrobów ze szkła składa się z wielu procesów jednostkowych, specyficznych dla określonych gatunków. Pomijając procesy otrzymywania ciekłej masy szklarskiej, przemysłową produkcję opakowań oraz szkła gospodarczego i niektórych innych wyrobów szklanych, schematycznie przedstawiono na rys. 6.1. Na rysunku i w opisie uwypuklono te elementy procesu produkcji wyrobów ze szkła, które wymagają stosowania środków antyadhezyjnych.

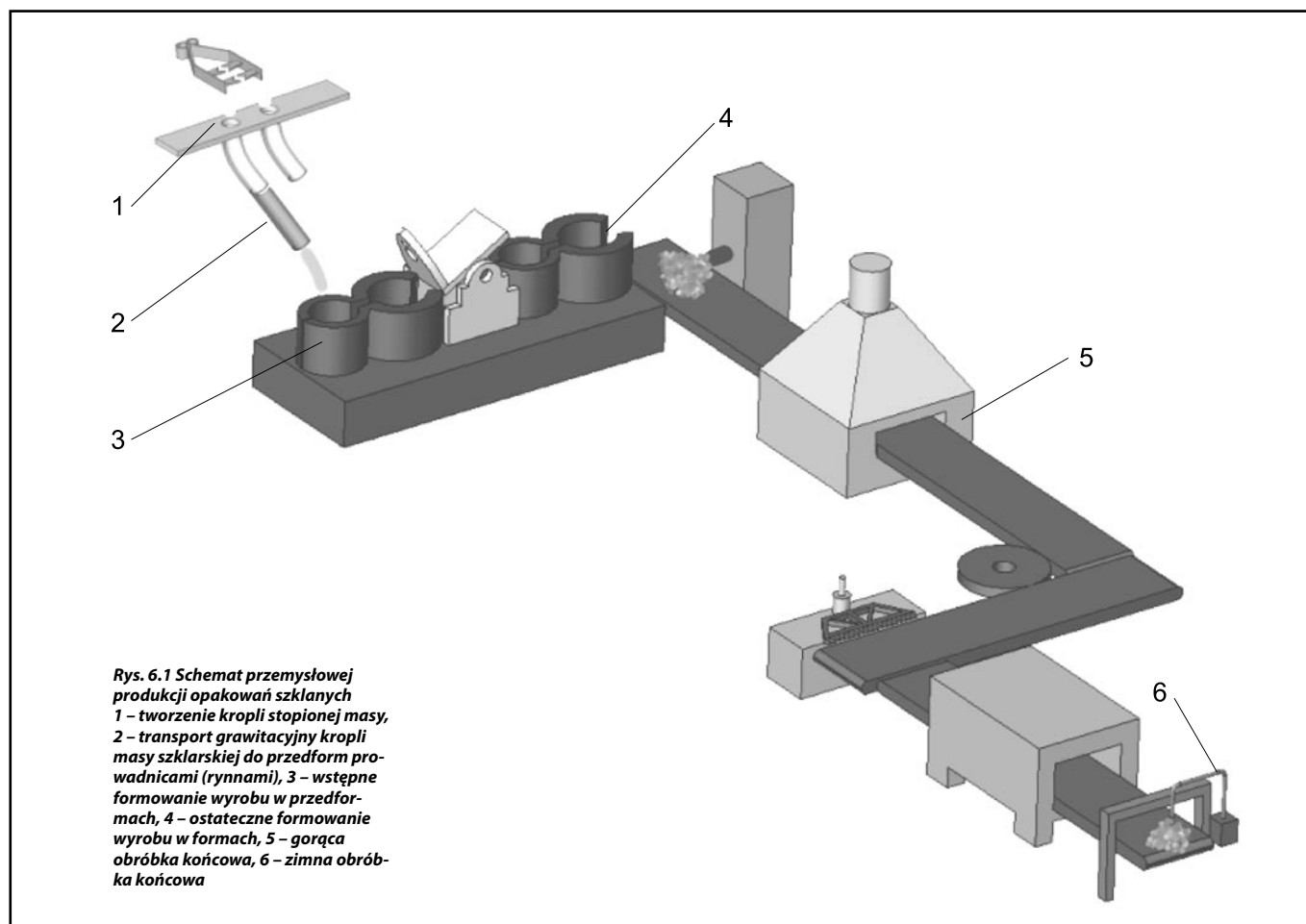
Według przedstawionego schematu, kolejne etapy nowoczesnej produkcji opakowań szklanych obejmują:

- cięcie strumienia masy szklarskiej specjalnymi nożycami - tworzenie kropli stopionej masy szklarskiej,
- podawanie kropli masy szklarskiej do przedformy, specjalnymi prowadnicami,
- wstępne formowanie wyrobów w przedformach, wraz z kształtowaniem specjalnych elementów wyrobów (np. główek butelek i słoików),
- ostateczne formowanie wyrobu w formach.

6.4.2 Środki antyadhezyjne do wyrobów szklanych

Prawidłowy przebieg procesów produkcji wyrobów szklanych (rys. 6.1) wymaga stosowania specjalnie dobranych środków antyadhezyjnych.

Środki smarne do natrysku nożyc, stosowane w etapie 1, zapewniają smarowanie, chłodzenie i ochronę przed korozją ostrzy nożyc. Stosowanie odpowiednich środków antyadhezyjnych przekłada się na mniejsze ślady cięcia, wydłużenie czasu życia ostrzy tnących i łatwą konserwację układu spryskiwania nożyc. Zalecane jest stosowanie środków biodegradowalnych, na bazie tłuszczów zwierzęcych, olejów roślinnych lub olejów syntetycznych, zawiera-



jących środki powierzchniowo czynne. Są one rozcieńczane wodą, utworzone emulsje, w postaci sprayu są nanoszone na ostrza nożyc. Niektóre z nich mają podwyższone pH, co zapewnia dodatkową ochronę korozyjną i ogranicza namnażanie się bakterii.

Środki do powlekania instalacji transportującej kroplę, stosowane w etapie 2, zapewniają mały współczynnik tarcia, umożliwiając dopiero co odciętej porcji płynnej masy szklarskiej łatwy, grawitacyjny transport do przedformy. Tworzą one powłoki izolujące porcje masy szklarskiej przed nadmierną utratą ciepła. Powłoki te mocno przylegają do powierzchni, wydajnie zapobiegając przenikaniu cząstek zanieczyszczeń stałych do szkła.

Jako środki do powlekania instalacji transportującej kroplę są stosowane:

- mieszanina żywicy epoksydowej z grafitem, która jest nakładana na elementy instalacji transportującej celem ułatwienia wprowadzenia porcji szkła do przedformy,
- oleje mineralne i częściowo syntetyczne wprowadzane drogą natrysku, które przyczyniają się do ślizgania się porcji szkła zwłaszcza w przypadkach, gdy porcja szkła musi być przetransportowana na długim odcinku.

Powłoki wstępne (warstwy podkładowe), stosowane w etapie 3, pozostawiają grafitowy film smarowy na powierzchniach przedform i foremek główkowych, ułatwiając rozpoczęcie procesu formowania, załadunek porcji szkła i uwolnienie bańki z przedformy. Są one stosowane w postaci:

- aerozolu na bazie rozpuszczalnika, który może być łatwo nanoszony na powierzchnie formujące, nawet w tych miejscach huty szkła gdzie nie ma instalacji sprężonego powietrza,
- na bazie wodnej, stosowane w temperaturze pokojowej przy użyciu pistoletu natryskowego lub w postaci łatwego do użycia aerozolu,
- wodnego roztworu kwasu fosforowego (stosowanie pod wyciągiem), z przeznaczeniem do form, które są ogrzane. Środki tego typu zapewniają trwałą film i wydłużone okresy smarowania.

Środki do przecierania przedform i form właściwych, stosowane w etapach 3 i 4, tworzą jednolity, termicznie stabilny film grafitowy na przedformie lub na powierzchni formy właściwej. Powłoki te zapewniają sprawne załadowanie porcji szkła i termiczną izolację, która sprzyja procesowi produkcji i ułatwia uwolnienie bańki z przedformy. Wyróżnia się następujące środki do przecierania przedform:

- ogólnego stosowania, przeznaczone do wszystkich rodzajów wyrobów szklanych i zastosowań,
- przeznaczone do wyrobów z krzemionki oraz do butelek do kosmetyków i leków,
- do wysokich temperatur,
- do procesów, w których najważniejsza jest czystość wyrobu.

Środki do przecierania form główkowych, stosowane w etapie 4, są przeznaczone do wnikania w pierścieniowe powierzchnie i tworzenia tam jednolitego filmu grafitowego. Te środki zawierają specjalny grafit, substancje zwilżające oraz dodatki zapewniające smarowanie i uwalnianie z formy. Eliminują one spękania i nawarstwianie oraz redukują spękania termiczne oraz mechaniczne. Są one przeznaczone do zastosowań, gdzie występują duże szybkości i wysokie temperatury.

Środki do przecierania form, stosowane w etapach 3 i 4, są opracowane z przeznaczeniem do wielu rodzajów form o specjalnych kształtach. Te środki smarne można stosować do przedform, a do smarowania form tylko wówczas, gdy jest stosowany bardzo suchy przecierak, a środek jest stosowany tylko w górnej części, na ramiona i dolną płytę formy. W praktycznych zastosowaniach są stosowane następujące środki smarne do form:

- nie zawierające siarki, z przeznaczeniem do form z mosiądzu,
- grafitowe, zalecane do przecierania większości stosowanych form,
- bez grafitowe, zawierające biały pigment zamiast grafitu,
- polimery polisiarczkowe, nie zawierające grafitu, stosowane do stykowego przecierania form właściwych,

- cieczy do przecierania,
- polimery kauczukowe, którymi pociera się niektóre powierzchnie form właściwych.

Powłoki do końcowej obróbki gorącej, stosowane w etapie 5, zapewniają jednolitą warstwę tlenku cyny na powierzchni szkła, która powoduje zwiększenie wytrzymałości mechanicznej i ochronę przed zarysowaniem. Układ składa się z dużej liczby wyspecjalizowanych urządzeń do powlekania. Dodatkowo, coraz częściej jest stosowany skrubler, który zapewnia spełnienie wymagań przepisów z zakresu czystości powietrza w hucie szkła i poza nią.

Powłoki do końcowej obróbki na zimno, stosowane w etapie 6, są produktami wodnymi, natryskiwanyymi na wyroby, gdy te opuszczają odprężarkę tunelową. Pozostawiają one na powierzchni zewnętrznej wyrobu szklanego powłokę ochronną i smarową oraz zapewniają ładny wygląd wyrobu i trzymanie się etykiety. W tym celu są stosowane: emulsja polietylenowa, jako produkt ogólnego stosowania oraz emulsje na bazie polimetakrylanu, do zastosowań specjalnych.

Obok środków antyadhezyjnych do smarowania skojarzeń trących maszyn szklarskich są stosowane specjalistyczne środki smarne. Są to oleje smarowe o składzie zestawionym pod kątem

zapewnienia smarowania, ochrony przed korozją, ograniczenia powstawania nawarstwień i zapewnienia łatwego, bezproblemowego uruchomienia różnych typów maszyn, stosowanych w przemyśle szklarskim. W tym zakresie zastosowanie znalazły:

- oleje syntetyczne, szczególnie przeznaczone do stosowania w układach smarowania maszyn typu Lincoln; mają one wiele zalet w porównaniu z produktami na bazie olejów naftowych, są to: mniejsze tarcie i zużycie, czystsze skojarzenia trące, wydłużone okresy międzyobsługowe i międzyremontowe oraz brak skłonności do tworzenia nagarów i laków,
- oleje naftowe do smarowania maszyn, dostępne w wielu różnych klasach lepkościowych i w różnych zestawieniach, odpowiednich do różnych aplikacji,
- smary do wysokich temperatur na bazie syntetycznej, o zakresie temperatur pracy od -30 do $+600^{\circ}\text{C}$,
- wodno-grafitowe środki smarne, które mogą być наносzone na siatki odprężarek i elementy transporterów płytkowych gorącego końca, zarówno metodą spryskiwania jak i smarowania pędzlem. Pozostawiają one grafitowy film, który pomaga ograniczyć liczbę braków.