

## **2. Linie do wytwarzania odlewów w skrzynkach formierskich**

### **2.1. Wypisy z historii mechanizacji wytwarzania odlewów w skrzynkach formierskich**

Rozwój techniki i technologii odlewniczej datuje się od czasu wprowadzenia odlewów jako elementów maszyn [18, 26–30]; jeszcze do połowy XVIII wieku wszystkie części maszyn wykonywano z drewna. Pierwsze odlewy wprowadzono w okresie od końca XVIII wieku do początku XIX wieku. Zakres ich stosowania dotyczył przede wszystkim budowy maszyn parowych i ich zastosowań (np. parowozy).

Podaje się [27, 28], że w 1690 roku A. Darby wprowadził w Anglii wykonywanie form z masy formierskiej „na wilgotno”. W 1709 roku zgłosił on patent na odlewanie w skrzynkach formierskich. W 1758 roku I. Wilkinson otrzymał pierwszy patent na wytwarzanie odlewów w formach dzielonych, wykonywanych z masy formierskiej, zalewanych po ich wysuszeniu. Odlewy wykonywano wcześniej z gliny za pomocą wzorników.

Znaczący postęp osiągnięto w XIX wieku, kiedy wzrastało zapotrzebowanie na odlewy dobre jakościowo. Formy z mas piaskowo-gliniastych wykonywano z użyciem płyt modelowych (wynalazek z 1827 roku) i skrzynek formierskich oraz formierek zagęszczających masę (1837 rok) [27, 28]. W 1855 roku wprowadzono formierki trzpieniowe do mechanicznego wyjmowania modeli [28].

Od połowy XIX wieku w odlewniach zaczęto stosować przy produkcji masowej oprzyrządowanie modelowe i maszyny formierskie. Znany metalurg tego czasu A. Ledebur klasyfikował używane maszyny na: oddzielające modele mechanicznie, zagęszczające masę i oddzielające modele oraz urządzenia do formowania wzornikami (elementów brył obrotowych) [18]. Ocenia się, że w tym okresie udział formowania z użyciem maszyn wynosił około 8% wszystkich wykonywanych odlewów [18].

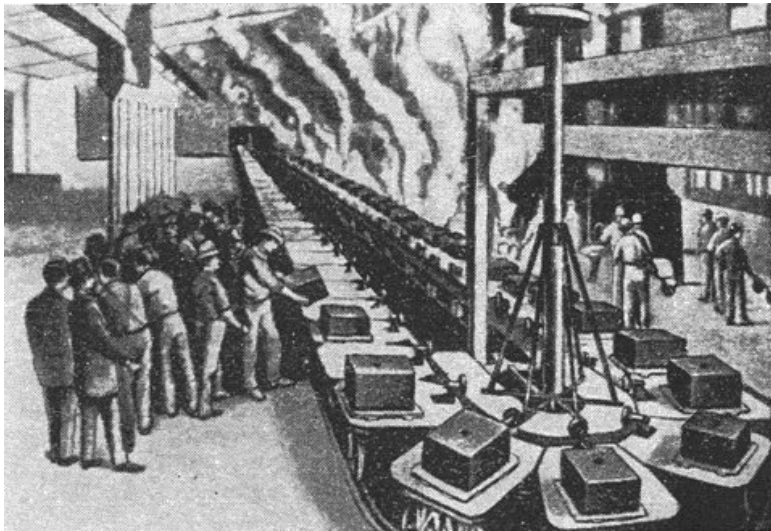
W 1883 roku w jednej z europejskich odlewni powstała pierwsza zmechanizowana formiarnia wyposażona w maszyny formierskie, suwnice do transportu form oraz urządzenia transportujące ciekły metal [30]. Siedem lat później oddano do eksploatacji odlewnię zmechanizowaną, którą wyposażono w formierki z napędem hydraulicznym. Formy wykonywane z użyciem skrzynek rozbieralnych ustawiano na 158 platformach

wózków połączonych ze sobą i tworzących zamknięty obwód. To osiągnięcie M. Gregoraszcuk [28] przyjmuje jako początek wprowadzania w życie idei wytwarzania odlewów w linii produkcyjnej. Opracowanie zasad produkcji potokowej było impulsem do dalszego rozwoju techniki i technologii.

W XIX wieku nastąpił postęp w przygotowywaniu mas do wykonywania form, a także maszyn do ich wytwarzania. Wprowadzono linie transportu form do stanowisk zalewania i dalej wybijania z powrotnym transportem skrzynek do stanowisk formowania.

Potrzeby walczących stron pierwszej wojny światowej (1914–1918) wymusiły masową produkcję odlewów przy użyciu linii produkcyjnych. Potentatami w produkcji odlewów były kraje, takie jak: USA, Niemcy, Anglia i Rosja. W 1918 roku uruchomiono w USA pierwszą zautomatyzowaną odlewnię, w której odlewane były granaty dla armii amerykańskiej [29]. W Rosji w 1913 roku wytwarzano 683 669 ton odlewów przy zatrudnieniu wynoszącym 53 538 osób; średnio 12,8 ton/zatrudnionego/rok [18].

Przykładowe, historyczne rozwiązanie mechanizacji przedstawiono na rysunku 2.1.



**Rys. 2.1.** Pierwsza zmechanizowana odlewnia z 1890 roku firmy Westinghouse Corporation w Pittsburgu, USA [30]

W 1890 roku w USA pojawiły się linie z przenośnikami wózkowymi, a w tym czasie w Rosji wytworzono 8% odlewów w formach wykonywanych maszynowo [29].

Po pierwszej wojnie światowej zapotrzebowanie na odlewy ciągle wzrastało. Wprowadzono linie z przenośnikami odlewniczymi do masowej produkcji odlewów. Procesy formowania były realizowane przy użyciu formierek prasujących (od 1889 r.), formierek wstrząsowych (od 1910 r.), wstrząsowo-prasujących (od 1925 r.) oraz maszyn dmuchowych – nadmuchiwarek (pierwsze opracowano w 1903 r. w USA – Demaler) oraz strzelarek (wynalazek F. Hansberga z 1949 r.) [27, 28].

i wykonanych w DZM oraz FMO. Roczna produkcja odlewów wykonywanych za pomocą automatycznych linii wynosiła około 360 tys. ton [32].

W latach 1988–1989 uruchomiono produkcję nowej generacji maszyn formierskich spełniających wymogi ochrony warunków pracy. W unowocześnianiu konstrukcji formierek, których produkcję podejmowano w latach sześćdziesiątych, udział mieli pracownicy Instytutu Technologii i Mechanizacji Odlewnictwa AGH (obecnie Wydziału Odlewnictwa) [33, 37]. Badania układów wstrząsowo-prasujących prowadzono, wykorzystując oryginalną metodykę badawczą – pomiary indykatorowe. Równoległe z badaniami formierek prowadzono, wraz z krakowskim oddziałem PRODLEW-u, prace nad doskonaleniem konstrukcji oryginalnego, polskiego rozwiązania narzucarek szerokołopatkowych, na bazie których powstały linie formierskie. W tym samym czasie prowadzono również prace z zakresu urządzeń dmuchowych (nadmuchiarki i strzelarki) oraz zapoczątkowano prace z zakresu formowania impulsowego [37].

Kompleksowe wyposażenie linii odlewniczych oferuje Przedsiębiorstwo Projektowo-Produkcyjne Technical sp. z o.o. [38]. W ofercie firmy, powstałej w 1991 roku, znajduje się wyposażenie stanowisk, gniazd i linii wytwarzania odlewów w formach skrzynkowych, linii przerobu masy (przygotowania i sporządzania) oraz mechanicznego oczyszczania odlewów. Jej produkty, o wysokiej renomie, znalazły zastosowanie w wielu odlewniach krajowych i zagranicznych.

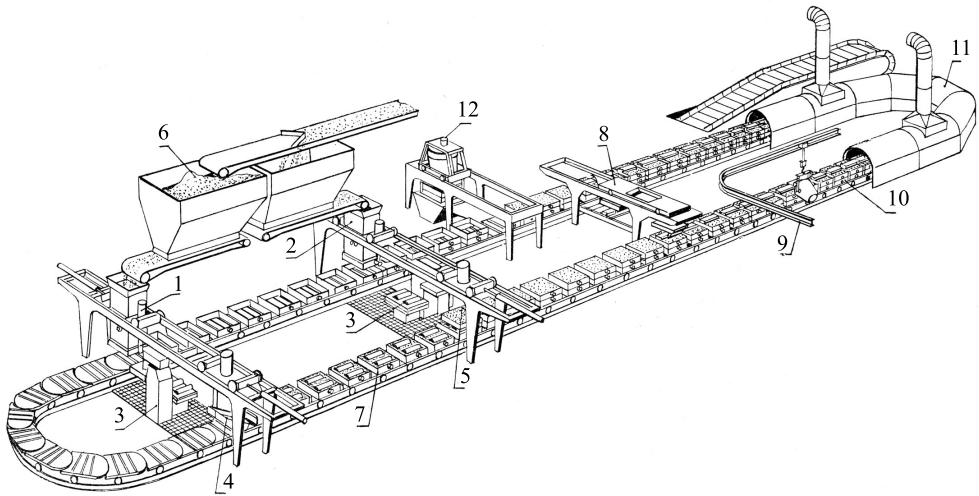
Z producentów maszyn i urządzeń odlewniczych, oprócz wspomnianych wyżej, należy wymienić Przedsiębiorstwo Projektowo-Realizacyjne (REAL) i Przedsiębiorstwo Projektowo Montażowe (BiTech) [39].

## **2.2. Rozwiązania linii do wytwarzania odlewów w formach skrzynkowych**

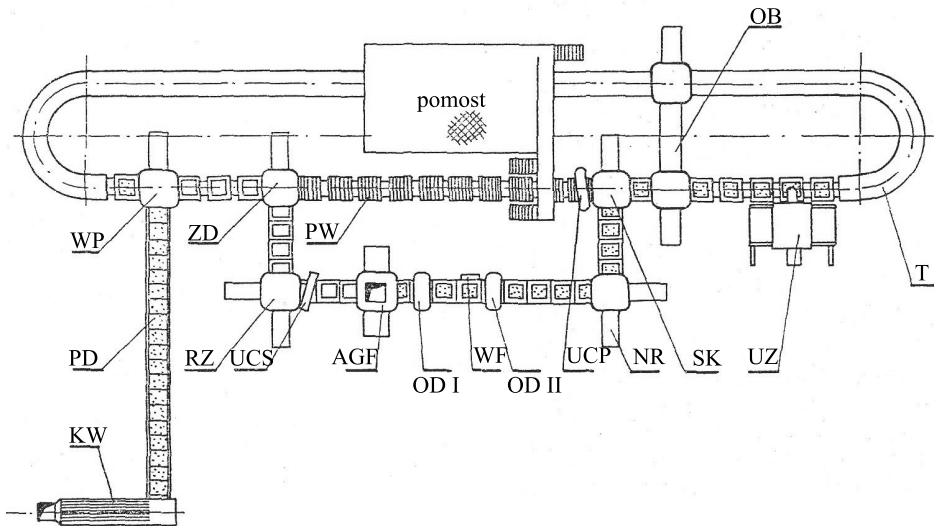
Klasyczna linia do wytwarzania odlewów to zestaw urządzeń i stanowisk połączonych przenośnikiem wózkowym o zamkniętej trasie, pracującym taktowo (rys. 2.3).

Schemat linii wytwarzania odlewów produkcji DZM Nowa Sól przedstawiono na rysunku 2.4. Zastosowany automat formierski AGF (wcześniej wstrząsowo-prasujący [5, 39]) w ramach modernizacji został zamieniony automatem impulsowo-prasującym FIP 108 [39]. Automat typu FIP 108 jest trzystanowiskową formierką, realizującą zagęszczanie impulsowe z doprasowaniem na środkowym stanowisku, a dozowanie masy z jej spulchnieniem odbywa się na dwóch skrajnych stanowiskach.

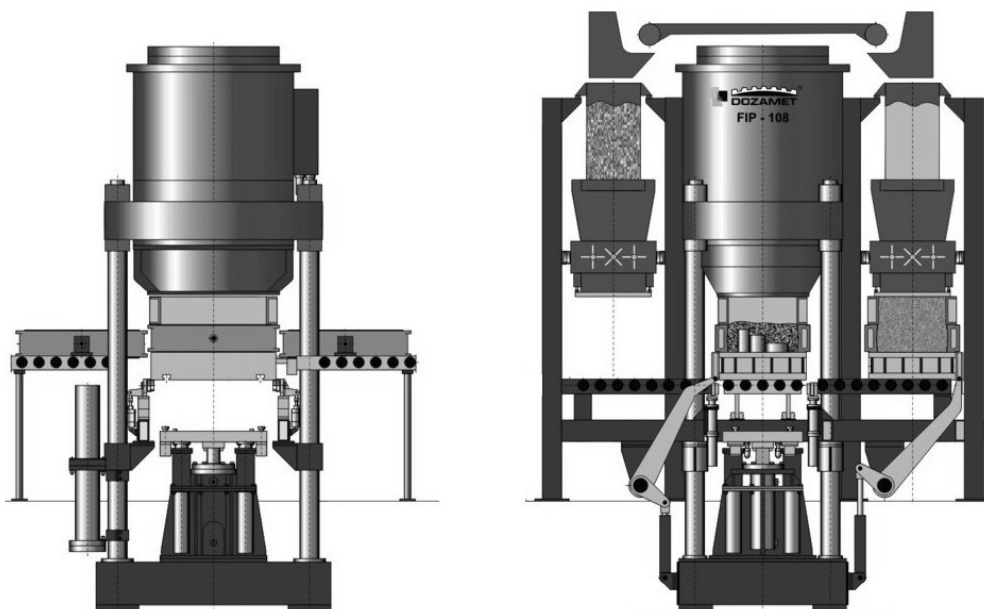
Przy użyciu jednostanowiskowego automatu formierskiego AGF na przemian są wytwarzane dolne i górne półformy. Po ścięciu nadmiaru masy są one obracane (o 180°) w odwracarce OD I. W górnych półformach są wykonywane elementy układu wlewowego (wlew główny i przelewy) za pomocą wiertarki WF. Górna forma po raz drugi jest obracana w odwracarce OD II, tak aby wnęka odtwarzająca model była zwrócona ku dołowi. Przy użyciu siłownika narożnika NR półformy są transportowane do składarki. Składarka SK zestawia dolną półformę na wózek przenośnika i nakłada górną półformę – składa formę.



**Rys. 2.3.** Linia wytwarzania odlewów typu Adler firmy Badische Maschinenfabric Durlach (BMD) [11]: 1, 2 – dozownik masy oraz rozdzielarka skrzynek, 3 – maszyna formierska, 4 – obracarka dolnych skrzynek, 5 – składarka, 6 – zbiornik masy, 7 – stanowisko zakładania rdzeni, 8 – urządzenie do obciążania form, 9 – tor kadzi z żeliwem, 10 – stanowisko zalewania, 11 – odcinek stygnięcia form, 12 – wypycharka zawartości skrzynek (masy i odlewów)



**Rys. 2.4.** Schemat linii wytwarzania odlewów ALF produkcji DZM Nowa Sól [5]: AGF – agregat formierski, KW – krata do wybijania, NR – narożnik, OB – zespół obciążania form, OD I – odwracarka (dolnych i górnych półform), OD II – odwracarka (górnych półform), PD – przenośnik dochładzający, PW – przenośnik wózkowy, RZ – rozdzielarka skrzynek formierskich, SK – składarka, T – kanał (tunel) chłodzący, UCP – urządzenie do czyszczenia płyt przenośnika, UCS – urządzenie do czyszczenia skrzynek, UZ – urządzenie do zalewania form, WP – wypycharka, WF – wiertarka, ZD – zdejmowarka



Rys. 2.39. Widok formierki impulsowo-prasującej FIP 108, produkcji DZM [39]

Formierka FIP 108 jest trzystanowiskową maszyną formierską: z dwoma stanowiskami naważenia, dozowania i spulchniania masy oraz jednym wspólnym stanowiskiem zagęszczania impulsem powietrza i doprasowania w zakresie niskich, średnich i wysokich nacisków jednostkowych, nastawianych według potrzeb.

Na środkowe stanowisko są wprowadzane na przemian dolne i górne skrzynki formierskie. Stół ruchomy środkowego stanowiska przemieszcza się w górę i w czasie tego ruchu zabiera płytę modelową, skrzynkę formierską górną, a w końcu ramkę nadmiarową. Tak utworzony zestaw przemieszczany jest na skrajne stanowisko dozowania masy. Następnie do formierki zostaje wprowadzona skrzynka dolna i w podobny sposób zostaje połączona z płytą modelową dolną i ramką nadmiarową.

Na stanowisku dozowania następuje operacja spryskiwania płyty modelowej półformy górnej; spryskiwanie odbywa się w zamkniętej komorze technologicznej (skrzynki i nadstawki). Następnie odbywa się dozowanie grawitacyjne masy formierskiej. Odważona elektronicznie porcja masy wprowadzona zostaje z dozownika żaluzjowego do zestawu skrzynka-nadstawka, przy czym masa przechodzi przez wielowirnikową spulchniarke palcową, przez co zostaje spulchniona oraz rozproszona w całej objętości komory technologicznej.

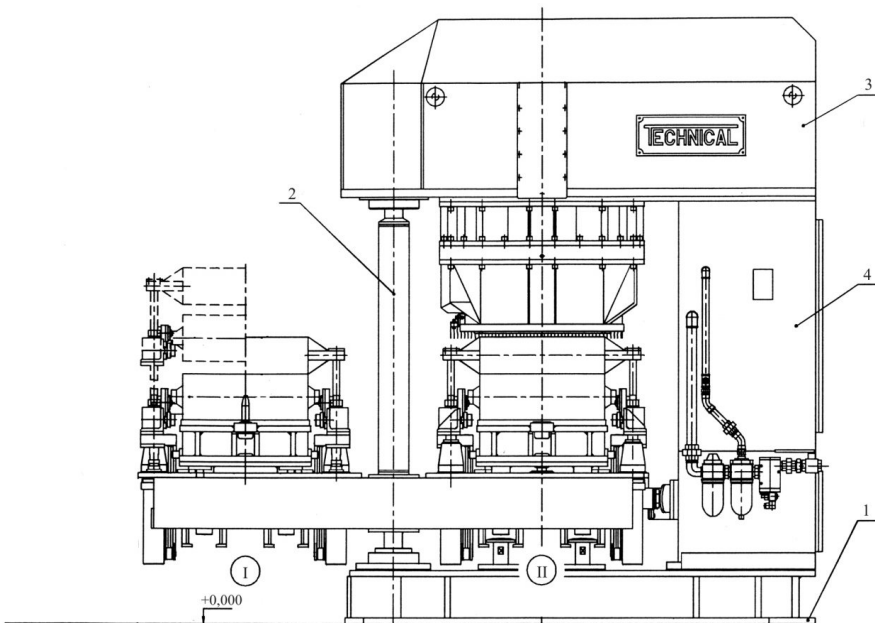
Przemieszczeniu zestawu z masą na stanowisko środkowe towarzyszy transport zestawu półformy dolnej na drugie, skrajne stanowisko dozowania masy. Zestaw półformy górnej zostaje dociśnięty do głowicy impulsowej, co umożliwia rozpoczęcie

procesu zagęszczania. Zagęszczenie następuje przez oddziaływanie przepływu strumienia powietrza, a następnie doprasowanie od góry płytą prasującą.

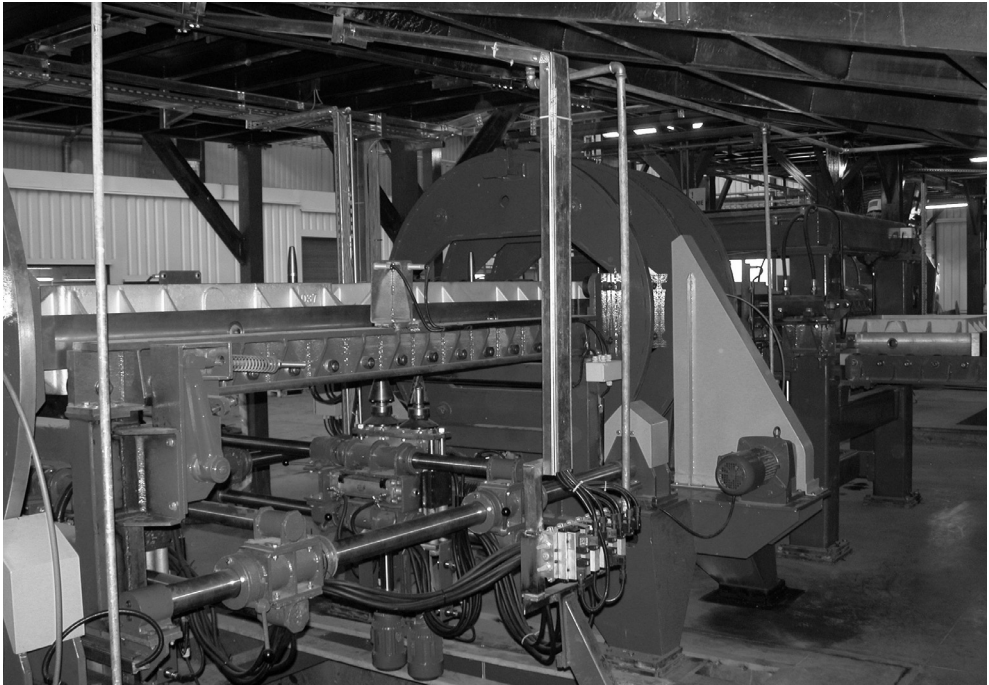
Oddzielanie półformy od modelu ma miejsce przy ruchu w dół zespołu podnoszenia. Podczas tego ruchu skrzynka półformy osiada na czterech stabilnych trzpieniach. Ruchome listwy transportowe unoszą na rolkach oddzieloną półformę do poziomu listew rolkowych. Wprowadzenie pustej skrzynki w obręb formierki powoduje wypchnięcie gotowej półformy na ciąg transportowy linii.

Z rozwiązań należących do klasy III oferowane są przede wszystkim urządzenia grupy 2, jako dwustanowiskowe o obrotowych stołach z nośnikami płyt modelowych, charakteryzujące się tym, że zakładanie skrzynki oraz nadstawki odbywa się na tym samym stanowisku co i usuwanie wykonanej półformy. Urządzeniami klasy III są formierki FT 65, FT 65 A, FT 108 opracowane w PPP Technical [38, 42, 85–88] oraz formierki oferowane przez firmę Heinrich Wagner Sinto HWS [43, 44, 70].

Formierka FT 65 jest przeznaczona do wykonywania form w gniazdach formierskich oraz pojedynczych stanowiskach formierskich. Maszyna wykonuje na przemian dolne i górne półformy. Schemat formierki przedstawiono na rysunku 2.40. Zagęszczanie masy jest realizowane przez dynamiczne oddziaływanie strumienia powietrza (zagęszczanie impulsowe), a następnie prasowanie (rys. 2.41 i 2.42).



**Rys. 2.40.** Schemat formierki impulsowo-prasującej FT 65 produkcji PPP Technical [38, 45]: 1 – podstawa korpusu, 2 – wał zespołu stołu obrotowego, 3 – głowica impulsowo-prasująca, 4 – korpus główny; I – stanowisko zakładania skrzynki formierskiej i nadstawki oraz dozowania masy, a ponadto wypchnięcia wykonanej półformy (po obrocie stołu), II – stanowisko zagęszczania masy strumieniem powietrza z późniejszym prasowaniem



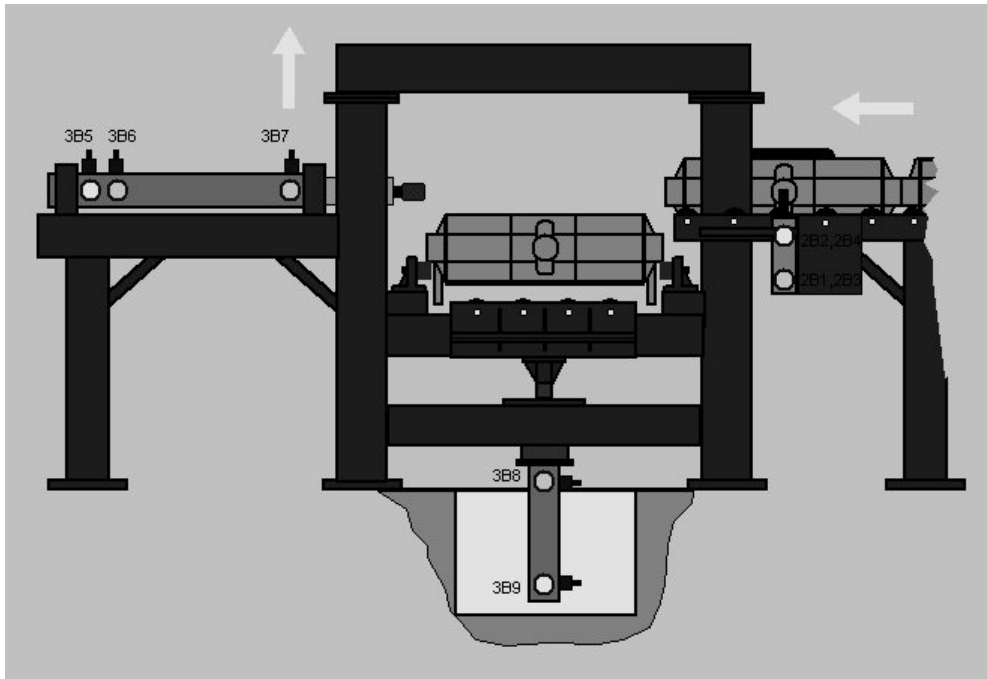
Rys. 2.54. Widok wiertarki i odwracarki

Impulsem do uruchomienia pracy wiertarki jest sygnał z czujnika obecności nad nią półformy górnej. Zostaje włączone wiertło i po osiągnięciu nominalnych obrotów wrzeczono wraz z wiertłem piórowym jest ustawiane za pomocą siłownika pneumatycznego w górne położenie. Podczas podnoszenia następuje wywiercenie wlewu głównego. Skrawana masa opada na kratę przesypową i dalej na przenośnik masy zwrotnej. Po wykonaniu wlewu wiertło zostaje opuszczone w dolne, skrajne położenie i wyłączone. W dalszym etapie następuje przesunięcie głowicy wiertarskiej, a jej miejsce zajmuje głowica dogładzacza. Przesunięcie głowicy jest realizowane siłownikiem pneumatycznym. Podnoszenie i opuszczanie głowicy dogładzacza następuje również na skutek działania siłownika pneumatycznego.

Kolejnym urządzeniem linii jest narożnik, którego schemat przedstawia rysunek 2.55. Narożnik jest urządzeniem z dwoma siłownikami:

- ustalającym, którego praca jest zsynchronizowana z siłownikiem transportującym skrzynki, wchodzącym w skład rozdzielarki,
- zespołu transportu półform w kierunku składarki.

Zmiana kierunku przesuwu skrzynek półform następuje po wycofaniu tłoczyska siłownika ustalającego w jego skrajne położenie oraz opuszczeniu płyty ruchomej aż do poziomu krążków przenośnika łączącego narożnik ze składarką.



**Rys. 2.55.** Schemat naroźnika; widok z ekranu pulpitu

Po wypchnięciu skrzynki w kierunku składarki tłoczyko siłownika, a także płyta ruchoma, wracają do swoich pozycji wyjściowych.

Składanie form odbywa się z użyciem składarki, której schemat zamieszczono na rysunku 2.56. Zadaniem jej jest ułożenie na wózkach podformowych skrzynkowych półform dolnych, a następnie ułożenie na nich półform górnych – złożenie form.

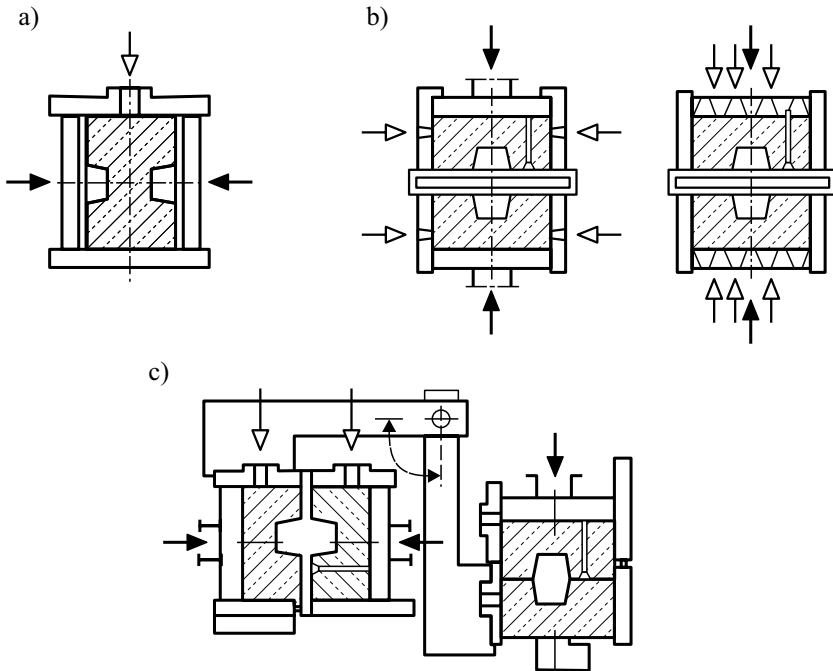
Półformy dolne, na przemian z górnymi, są wprowadzane w pole działania składarki za pomocą siłownika naroźnika. Są one wprowadzane na listwy z krążkami ramion odchylnych płyty nośnej. Podczas przemieszczania półform, w końcowej fazie ruchu, działają również amortyzatory zamocowane na konstrukcji składarki. Półforma znajdująca się na ramionach odchylnych zostaje zablokowana dwoma trzpieniami centrującymi, a następnie przemieszczana w dół na płytę wózka podformowego. Po odchyleniu ramion z listwami następuje ich powrót do położenia wyjściowego. Na listwy z krążkami wprowadzana jest górna półforma, która po zablokowaniu jest przemieszczana w dół i ustawiana na skrzynce półformy dolnej.

Po wystudzeniu odlewów w formach spoczywających na wózkach podformowych w linii pola odstawczego są one przemieszczane w kierunku wypycharki. Wcześniej formy są wprowadzone w obręb zdejmowarki (rys. 2.57). Jej zadaniem jest zdjęcie kompletu obu skrzynek z zawartością z wózków podformowych i przestawienie – zepchnięcie na listwy przenośnika krążkowego.



Automaty do formowania bezskrzynekowego wykonują formy z pionową lub poziomą linią/płaszczyzną podziału. Dalszy podział dotyczy kierunku zapełniania masą przestrzeni technologicznej, zorientowania siły prasowania oraz położenia komór formowania podczas wykonywania form (rys. 3.21).

Formy mogą być wykonywane w układzie pionowym, poziomym oraz mieszanym (o zmiennym położeniu), co oznacza, że po wykonaniu form w układzie pionowym następuje ich złożenie, po obróceniu komór formierskich.



**Rys. 3.21.** Schematy urządzeń do wytwarzania form: a) pionowo dzielonych, b) poziomo dzielonych, c) z obrotowymi zespołami komór formowania [111, 112]

### **3.4. Linie odlewnicze z automatami do wytwarzania form bezskrzynekowych pionowo dzielonych**

#### **3.4.1. Linie odlewnicze z automatami formierskimi firmy DISA**

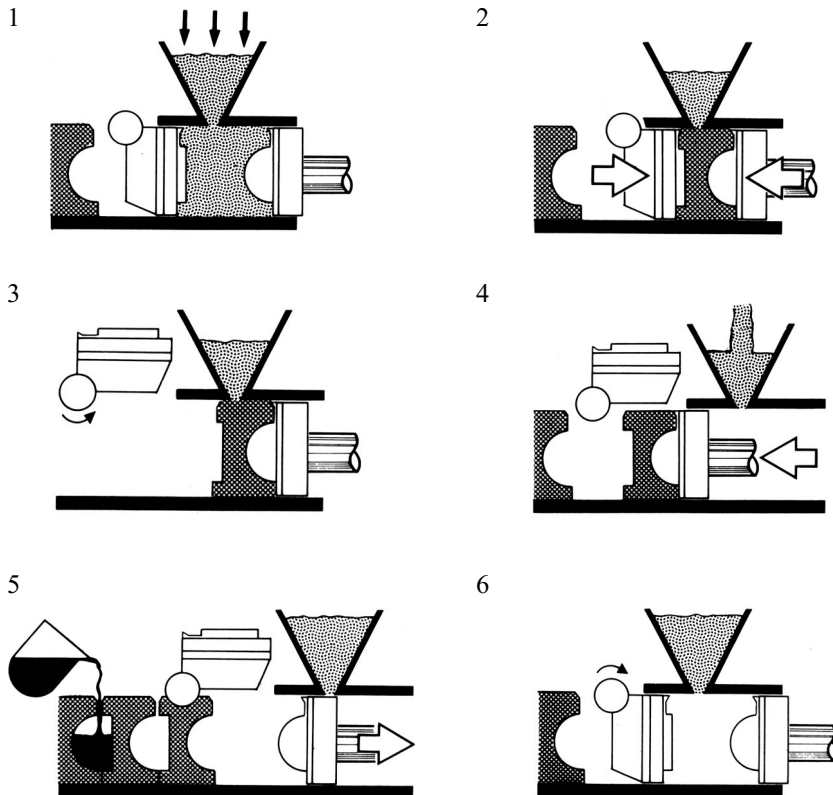
Popularność automatów Disamatic spowodowała, że w obszarze urządzeń formierskich stały się symbolem niezawodnych, nowoczesnych rozwiązań do wykonywania form bezskrzynekowych [91, 94, 115–117].

Rozwój rodziny automatów Disamatic polegał na wprowadzaniu nowych jednostek serii 2000 o coraz większych komorach formowania, tj. 2011, 2013, 2032, 2070 oraz najmniejszych, uproszczonych rozwiązań automatów serii 2100 – przeznaczonych dla małych i średnich odlewni wytwarzających odlewy o krótkich seriach. Kolejne automaty charakteryzowały się przede wszystkim tym, że były wyposażane w coraz bardziej rozbudowane elektroniczne systemy sterowania i kontroli, poczynając od Mk1 aż do Mk5, zintegrowanych ze skomputeryzowanym procesem kontroli.

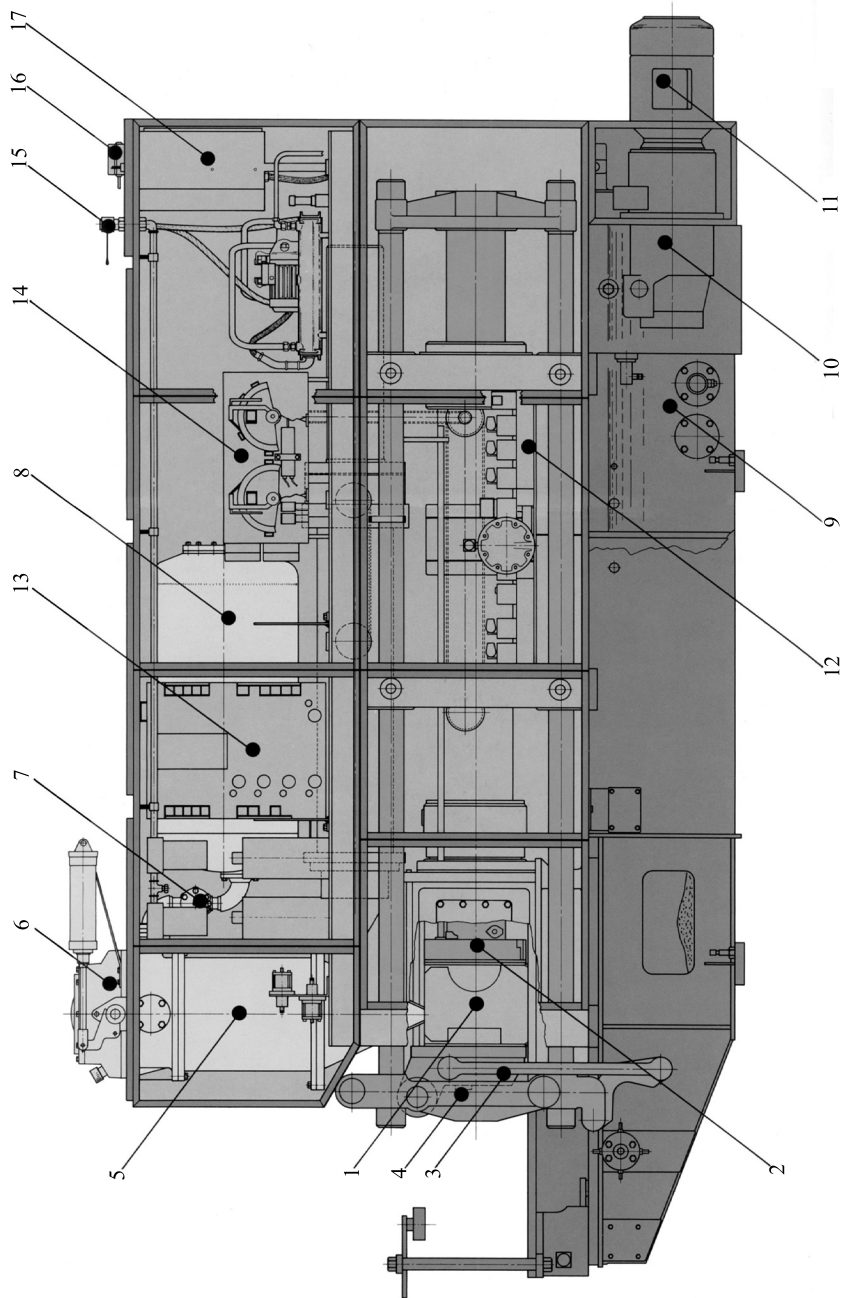
Automaty firmy DISA realizują zagęszczanie masy metodą dmuchową z doprasowaniem. Są urządzeniami jednopozycyjnymi.

Schemat przebiegu sześciu podstawowych operacji wykonywania form (pakietów) przedstawiono na rysunku 3.22 oraz w tabeli 3.1. Na rysunku 3.22 zaznaczono przemieszczanie się płyty prasującej PP oraz płyty prasującej uchylnej SP.

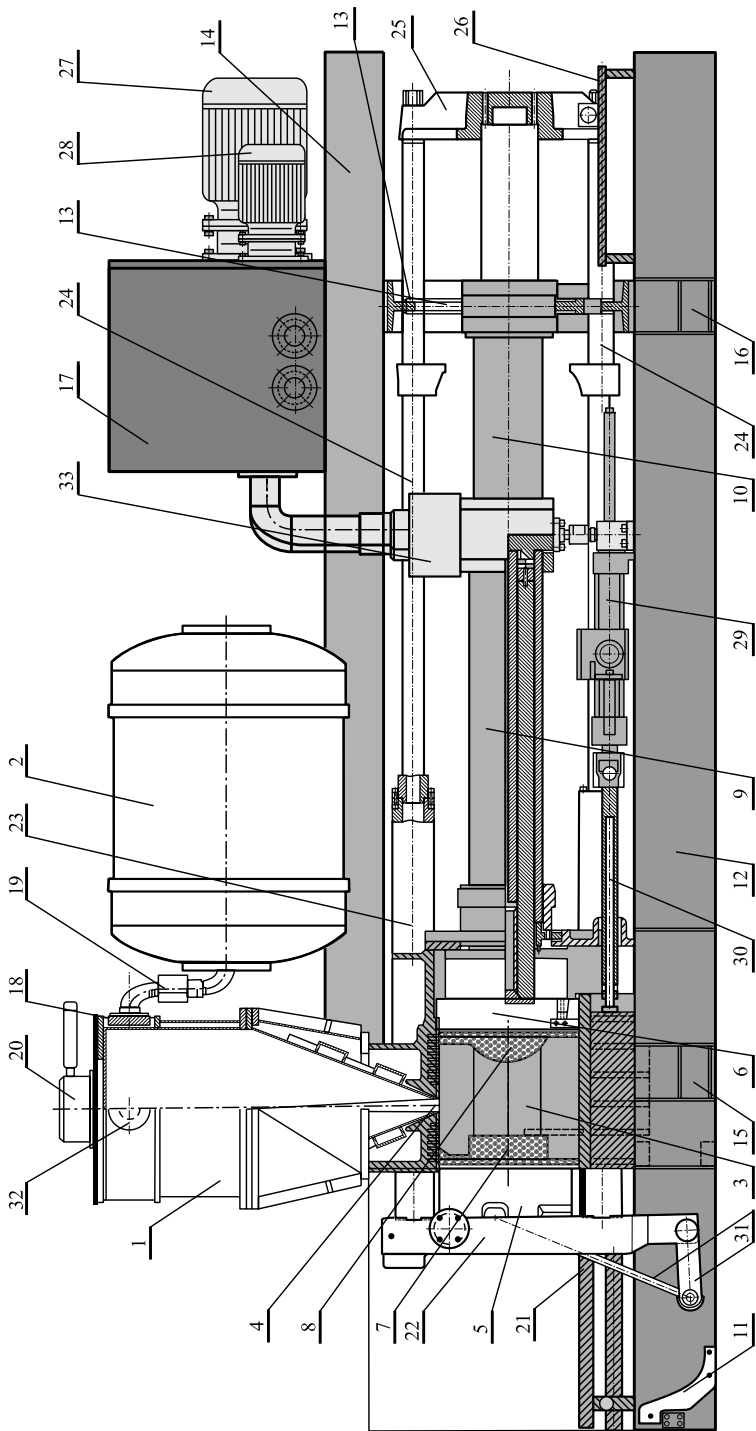
Poglądową budowę automatu formierskiego Disamatic przedstawiono schematycznie na rysunkach 3.23 oraz 3.24 [94].



**Rys. 3.22.** Kolejne operacje wykonania form w automatach firmy DISA [94]: 1 – wstrzeliwanie, 2 – obustronne doprasowanie, 3 – otwarcie komory formowania i obrót płyty SP, 4 – wypchnięcie pakietu (płytą prasującą PP), dosunięcie do stosu pakietów i przesunięcie stosu, 5 – powrót płyty PP, 6 – powrót płyty SP (zamknięcie komory formowania)

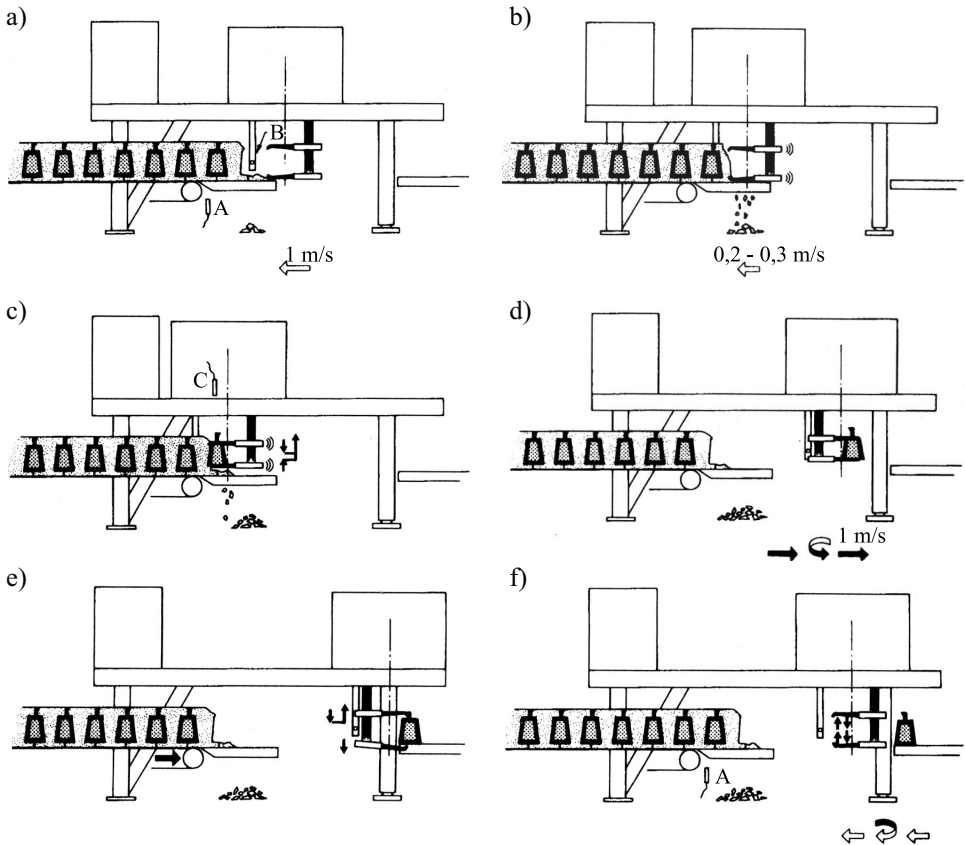


**Rys. 3.23.** Schemat automatu formierskiego Disamatic [94]: 1 – komora formowania, 2 – płyta prasująca PP, 3,4 – zespoły płyty prasującej uchylnej SP, 5 – komora nabojoowa i zbiornik masy strzelarki, 6 – zespół zasowy masy do komory nabojoowej, 7 – zawór strzałowy, 8 – zbiornik powietrza, 9–12 – zespoły prowadnic, zasilania, sterowania i kontroli, 13–17 – zespoły zasilania i sterowania pracą cylindrów hydraulicznych tłoczysk prasujących



**Rys. 3.24.** Zespoły automatu formierskiego Disamatic [94]: 1 – komora nabojojowa strzałarki, 2 – zbiornik powietrza, 3 – komora formowania, 4 – otwór (szczelina) strzałowa, 5 – płyta prasująca uchylna SP zewnętrzna, 6 – płyta prasująca PP wewnętrzna, 7, 8 – płyty modelowe, 9, 10 – cylindry siłowników hydraulicznych, 11 – krzywka zespołu obrotu płyty, 12 – korpus, rama podstawy, 13 – jarzmo, rama podpierająca, 14 – górna płyta korpusu, 15, 16 – podpory, 17 – zbiornik płynu hydraulicznego, 18 – osuszacz, 19 – zawór strzałowy, 20 – otwór zasypowy z zamknięciem, 21 – płyta podformowa komory, 22 – rama płyty obrotowej, 23 – prowadnica trzpieni, 24 – trzpienie prowadzące, 25 – jarzmo tylne, 26 – tor prowadzący, 27 – silnik główny pompy, 28 – silnik pomocniczy pompy, 29 – siłownik PMC, 30 – trzpienie łączące, 31 – łączniki zespołu płyty uchylnej, 32 – otwór wydechowy, zawór odcinający, 33 – rozdzielacz

Na uwagę zasługuje oryginalne rozwiązanie manipulatora wyjmującego odlewy wraz z układem wlewowym z form (rys. 3.32). Rozwiązanie takie było przeznaczone dla linii z automatem Disamatic 2070. Stosowanie manipulatora czyni zadość koncepcji przygotowania masy według rozwiązania IV (rys. 2.24), z rozdziałem masy na część, która ma bezpośredni kontakt z metalem (masa przepalona, traktowana jako masa zużyta), oraz na tę, która jest oddalona od odlewu i układu wlewowego (która nie jest przepalona i ma parametry jak masa używana).



**Rys. 3.32.** Schemat działania manipulatora do wyjmowania odlewów z form bezskrzynekowych o pionowym podziale [94]: a) przejazd zespołu ramion manipulatora w kierunku otwartej formy, b) wprowadzenie ramion w obręb odlewu, c) zamknięcie ramion, pochwycenie odlewu, d) obrót i przejazd zespołu ramion, e) otwarcie ramion, przekazanie odlewu, f) zwarcie ramion, obrót i powrót w kierunku form; A, B, C – czujniki

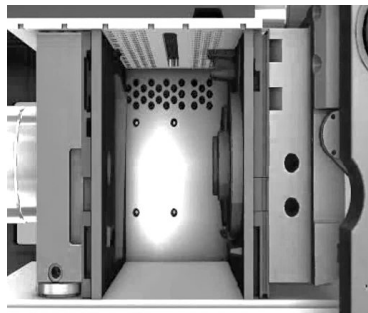
Aktualnie są oferowane automaty Disa serii 100, serii 200 oraz Disamatic 2110. Serię Disa 100 przeznaczono do wytwarzania odlewów w formach o takich samych wymiarach jak w serii 200. Formierki serii 100 charakteryzują się dłuższym cyklem wykonania form, a więc mniejszą wydajnością.

### 3.4.1.1. Charakterystyka procesu technologicznego wytwarzania form

Zagęszczanie masy syntetycznej z bentonitem odbywa się dwuetapowo. Tradycyjnie w pierwszym etapie masa jest zagęszczana metodą dmuchową. Masa jest wstrzeliwana do komory technologicznej pomiędzy płyty modelowe. Modele są mocowane na płytach podmodelowych, spoczywających na płytach: prasującej PP i prasującej uchylnej SP. Aby nie dopuścić do oblepiania masą modeli (gdy występuje różnica temperatury masy i modeli), stosuje się płyty grzewcze.

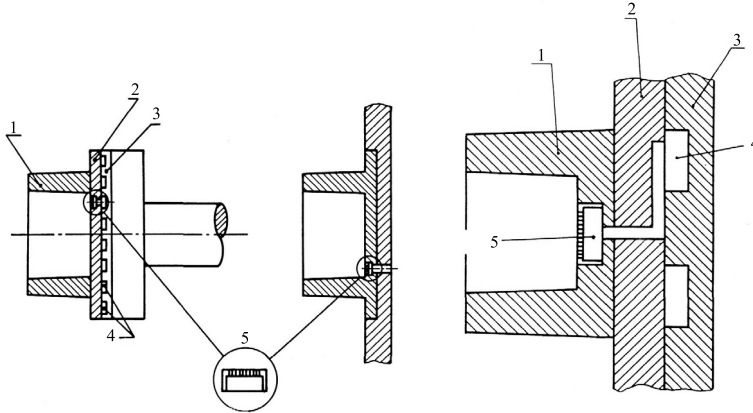
Parametrami procesu wstrzeliwania są ciśnienie powietrza oraz czas procesu, których wartości można dobierać w szerokim zakresie.

Zagęszczanie masy wstrzeliwaniem wymaga stosowania systemu odpowietrzania komory formowania. W przypadku wstrzeliwania sumaryczna powierzchnia odpowietrzalników w stosunku do powierzchni otworu strzałowego powinna wynosić:  $F_{\text{odp.}}/F_d = 0,5-1,0$  [69]. Istotne jest, aby ciśnienie powietrza w komorze formowania nie powodowało obniżenia prędkości strumienia masy, a w konsekwencji zmniejszenia stopnia jej zagęszczenia. Korki odpowietrzające umieszcza się przede wszystkim u góry komory formowania; działają dłużej, gdyż są zakrywane masą dopiero pod koniec zapełniania komory. Widok komory formowania z korkami odpowietrzającymi zamieszczono na rysunku 3.35 [94].



**Rys. 3.35.** Widok komory formowania z widoczną szczeliną strzałową i zamontowanymi korkami odpowietrzającymi [94]

Korki odpowietrzające umieszcza się również w obrębie modeli, tak aby wymusić przepływ powietrza w strefach, gdzie energia kinetyczna strumienia masy jest niewystarczająca do jej zagęszczenia. Przepływ pozwala na dopełniające zagęszczenie przez siłowe oddziaływanie filtrującego powietrza. Przykład mocowania korków odpowietrzających na powierzchni modelu z kanałami odpowietrzającymi w płytach grzewczych zamieszczono na rysunku 3.36.

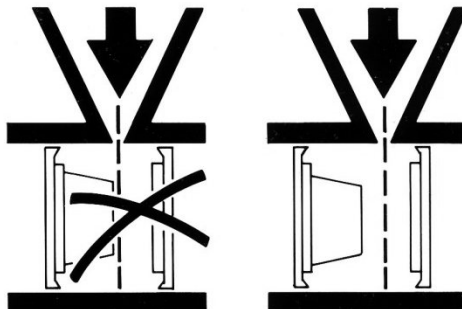


**Rys. 3.36.** Schemat systemu odpowietrzenia z użyciem korków odpowietrzających [94]:

1 – model, 2 – płyta podmodelowa, 3 – płyta grzewcza, 4 – kanały odpowietrzające w płycie grzewczej, 5 – korek odpowietrzający

Istotnym parametrem procesu technologicznego jest ustalenie grubości końcowej formy (wymiar  $L_C$  – rys. 3.33). Przy wyborze należy kierować się zalecanym zakresem współczynnika termicznego obciążenia formy, czyli stosunkiem ilości masy formierskiej przypadającej na jednostkę masy metalu w formie, np.  $k = 5$ , co oznacza 5 kg masy formierskiej w formie przypadającej na 1 kg metalu.

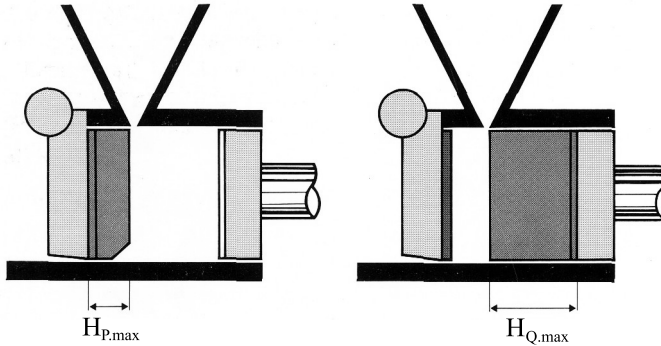
Ważne jest również ustalenie położenia płyt z modelami w stosunku do otworu strzałowego (szczeliny strzałowej); położenie to powinno umożliwić swobodny przepływ strumienia masy (rys. 3.37).



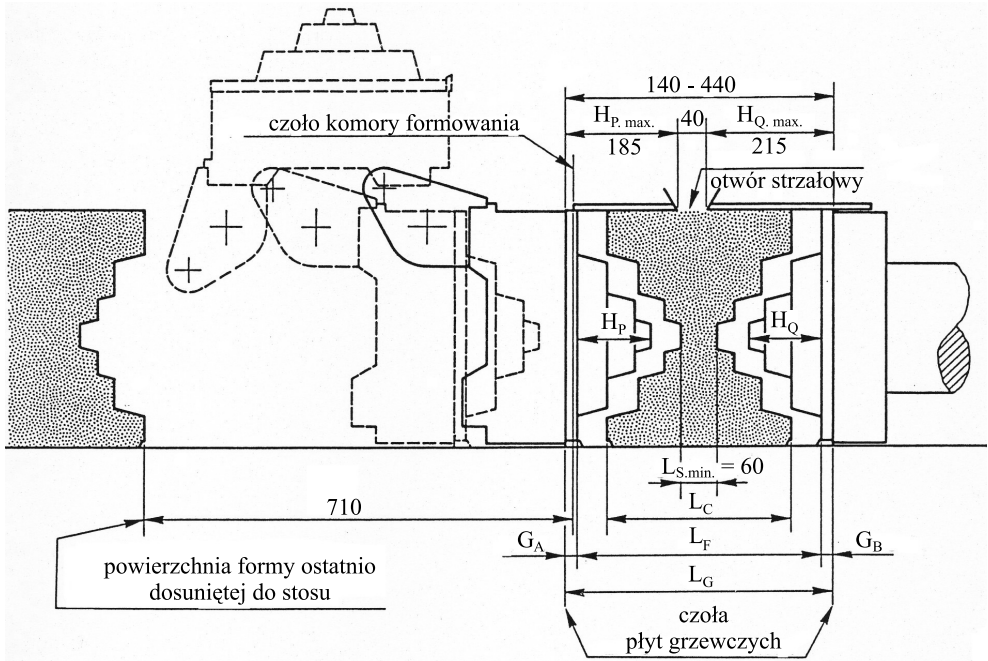
**Rys. 3.37.** Schemat niewłaściwego oraz właściwego ustawienia płyt z modelami w stosunku do otworu strzałowego [94]

Z warunkiem tym wiąże się postulat dotyczący dopuszczalnej wysokości modeli (rys. 3.38).

Przykładowe zalecenia dla automatu Disamatic 2110 [94] zestawiono na schematach rysunków 3.39 i 3.40.



Rys. 3.38. Maksymalna dopuszczalna wysokość modeli na płytach SP i PP [94]



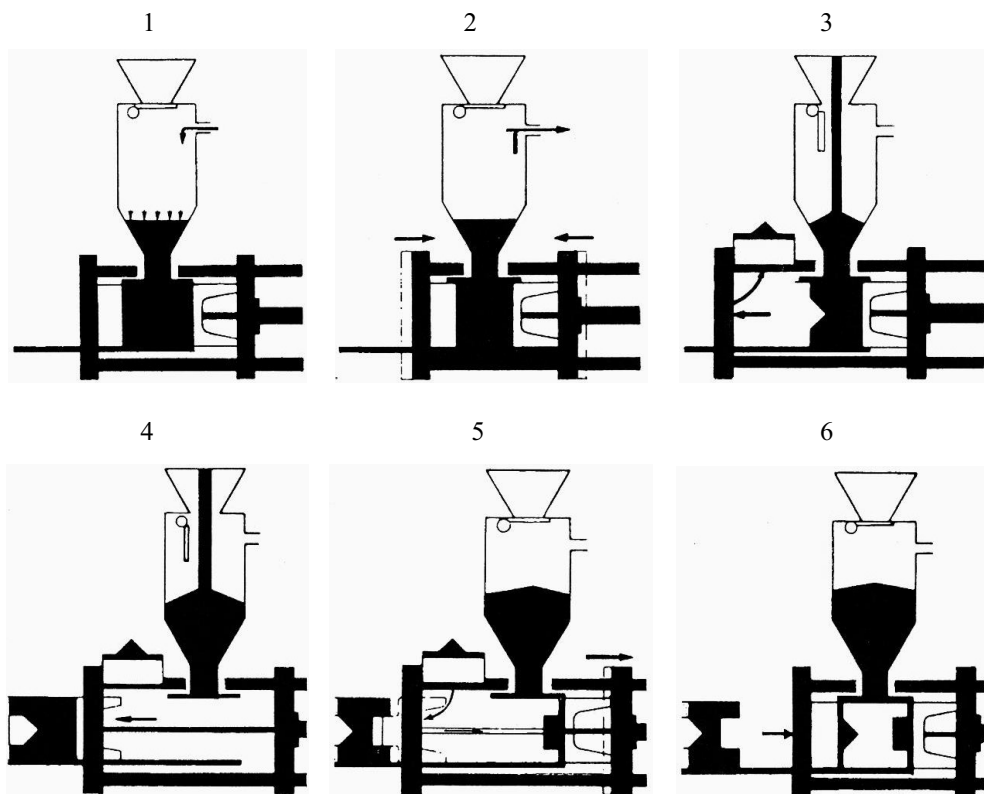
Rys. 3.39. Wymiary komory formowania automatu Disamatic 2110 [94]:  $H_P$ ,  $H_Q$  – wysokość modeli,  $L_{S,min}$  – minimalny wymiar przewężenia formy po zagęszczeniu masy,  $L_C$  – grubość formy po zagęszczeniu masy,  $L_F$  – odległość pomiędzy płytami nośnymi podmodelowymi,  $L_G$  – głębokość komory, odległość pomiędzy płytami grzewczymi



### 3.4.3. Linie odlewnicze z automatami formierskimi firmy KOYO

Firma KOYO Ltd. z Kumamoto (Japonia) oferuje automaty do wykonywania form bezskrzynkowych o pionowym i poziomym podziale [60, 90, 91, 103].

Technika zagęszczania masy, przy pionowym podziale form, łączy metody dmuchowe z prasowaniem. W procesie wyodrębni się sześć podstawowych operacji (rys. 3.71).



**Rys. 3.71.** Przebieg wykonywania form w automatach formierskich, bezskrzynkowych firmy KOYO [104]: 1 – wstrzeliwanie, 2 – obustronne doprasowanie, 3 – otwarcie komory formowania i obrót płyty, 4 – wypchnięcie pakietu, dosunięcie do stosu i jego przesunięcie, 5 – powrót płyty prasującej, 6 – powrót płyty prasującej uchylniej (zamknięcie komory formowania)

W przypadku automatów do wytwarzania form o pionowym podziale warto przypomnieć, że już w pierwszych maszynach realizowano obustronne prasowanie [104].

Firma już od 1991 roku była reprezentowana w Europie i USA (przez Georg Fisher Foundry Systems z Schaffhausen w Szwajcarii i Holly w USA).

W ofercie firmy są automaty formierskie typu SM wytwarzające formy o wymiarach zestawionych w tabeli 3.7.

**Tabela 3.7**

Zestawienie wymiarów form wytwarzanych przy użyciu automatów firmy KOYO typu SM [91, 94]

Wymiary form	Typ automatu				
	SM 50 V	SM 60 V			SM 70 V
		A	B	C	
$L_A \times L_B \times L_C$ , mm	500 × 400 × 100–315	600 × 500 × 180–330	620 × 500 × 180–330	600 × 480 × 180–330	720 × 630 × 100–315

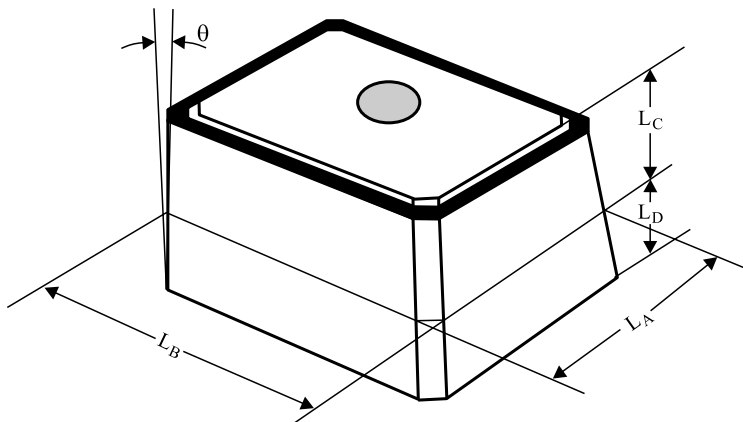
Oferowano również automaty typu SM 90 V wytwarzające formy o wymiarach 850 × 700 [91, 104].

Automaty są wyposażone w urządzenia do automatycznego zakładania rdzeni, przy czym maskownica jest pochylona pod kątem 15°, co też przyczynia się do obniżenia wartości podciśnienia niezbędnego do utrzymywania rdzeni w gniazdach [91, 104].

### 3.5. Linie odlewnicze z automatami do wytwarzania form bezskrzynkowych z poziomą płaszczyzną/linią podziału

#### 3.5.1. Linie odlewnicze z automatami formierskimi firmy HUNTER

Wyposażenie linii wytwarzania odlewów oraz automaty Hunter są wytwarzane od 1964 roku. Wcześniej były to automaty HMP 10, 20 i 32, stale unowocześniane, co owocowało powstaniem wielu kolejnych serii [94, 132]. Na rysunku 3.72 przedstawiono wymiary form wytwarzanych przy użyciu omawianych automatów. W tabelach 3.8 i 3.9 zestawiono dane dotyczące automatów HMP 10 i HMP 32 serii G i H [94].



Rys. 3.72. Schemat formy i jej wymiary [94]

**Tabela 3.8**

Wielkości form i wartości parametrów procesu realizowanego przy użyciu automatów HMP 10 serii G i H [94]

Parametry	Typ automatu	
	HMP 10 G	HMP 10 H
Wymiary form: – długość $L_A$ ; mm, – szerokość $L_B$ ; mm, – wysokość górnej półformy $L_C$ ; mm, – wysokość dolnej półformy $L_D$ ; mm	483 355 140 114	
Kąt pochylenia ścian formy $\theta$ ; °	4	
Wydajność $W_f$ ; form/godz.	180	220
Masa formy $m_f$ ; kg	68	
Ciśnienie prasowania $p_{pras.}$ ; MPa	do 1,0	

**Tabela 3.9**

Wielkości form i wartości parametrów procesu realizowanego przy użyciu automatów HMP 32 serii G i H [96]

Parametry	Typ automatu	
	HMP 32 G*	HMP 32 H
Wymiary form: – długość $L_A$ ; mm, – szerokość $L_B$ ; mm, – wysokość górnej półformy $L_C$ ; mm, – wysokość dolnej półformy $L_D$ ; mm	813 762 241/305** 216/279**	
Kąt pochylenia ścian formy $\theta$ ; °	2,5	
Wydajność $W_f$ ; form/godz.	90	120
Masa formy $m_f$ ; kg	544	
Ciśnienie prasowania $p_{pras.}$ ; MPa	do 1,0	

\* podstawowym modelem są formierki serii G; formierki serii H charakteryzują się nowoczesnym sterowaniem, a ich wydajność jest o 25% wyższa niż serii G oraz o 40% wyższa niż wcześniejsze modele,

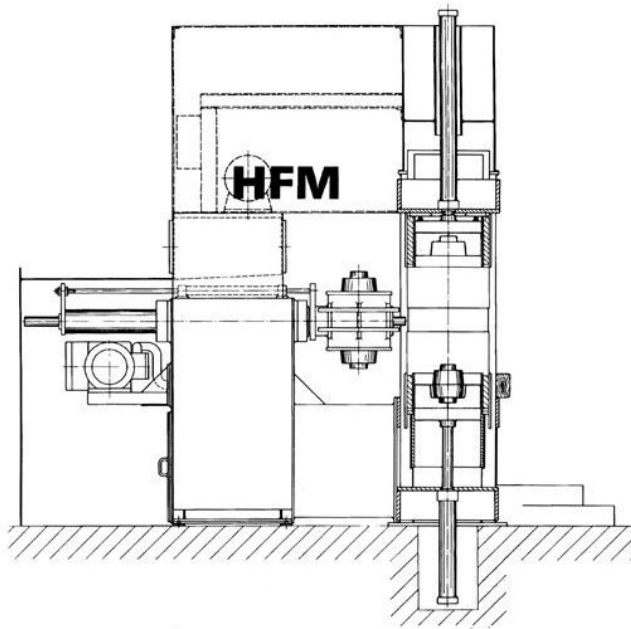
\*\* dane dotyczące dwóch odmian: płytkiej i głębokiej

Wypożyczenie linii, na bazie licencji HUNTERA, oferowała również zachodni-niemiecka firma UNIVERSAL [5]. Były to automaty KFA 10/20/30/32 oraz stoły obrotowe ROTOMAT 210/220/230/232 [5, 94].

### 3.5.2. Linie odlewnicze z automatami formierskimi Haflinger

Firma Achinger Giessereimaschinen GmbH (AGM) opracowała automaty formierskie typu HFM (rys. 3.78) serii 30, 40, 50, 60, 70 i 80, wykonujące formy bezskrzynkowe o poziomym podziale. Technika zagęszczania masy w tych automatach polega na wykorzystaniu metody dmuchowej, podciśnieniowej oraz doprasowania. Gradient ciśnienia i związany z nim przepływ powietrza powoduje transport masy formierskiej z jej zasobników do komory formowania i wstępne zagęszczenie. Ostateczne zagęszczenie masy w drugim etapie uzyskuje się przez doprasowanie [94].

W procesach podciśnieniowych wartość ciśnienia absolutnego w przestrzeni technologicznej wynosi w granicach 20–60 kPa [61, 65].



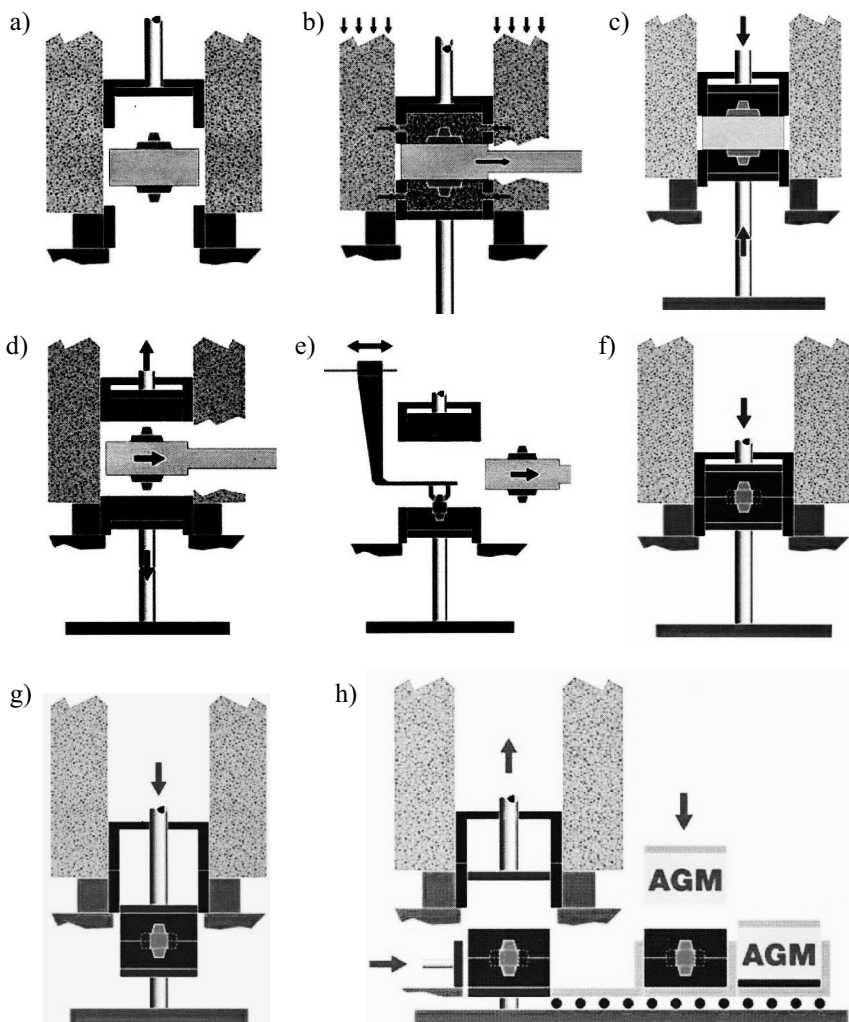
Rys. 3.78. Schemat automatu formierskiego HFM [94]

Automaty HFM o wymiarach form od  $560 \times 560 \times 140\text{--}200$  mm (HFM 30) do  $820 \times 960 \times 250\text{--}320$  mm (HFM 80) charakteryzują się wydajnością odpowiednio 150 i 90 form/godz. [94].

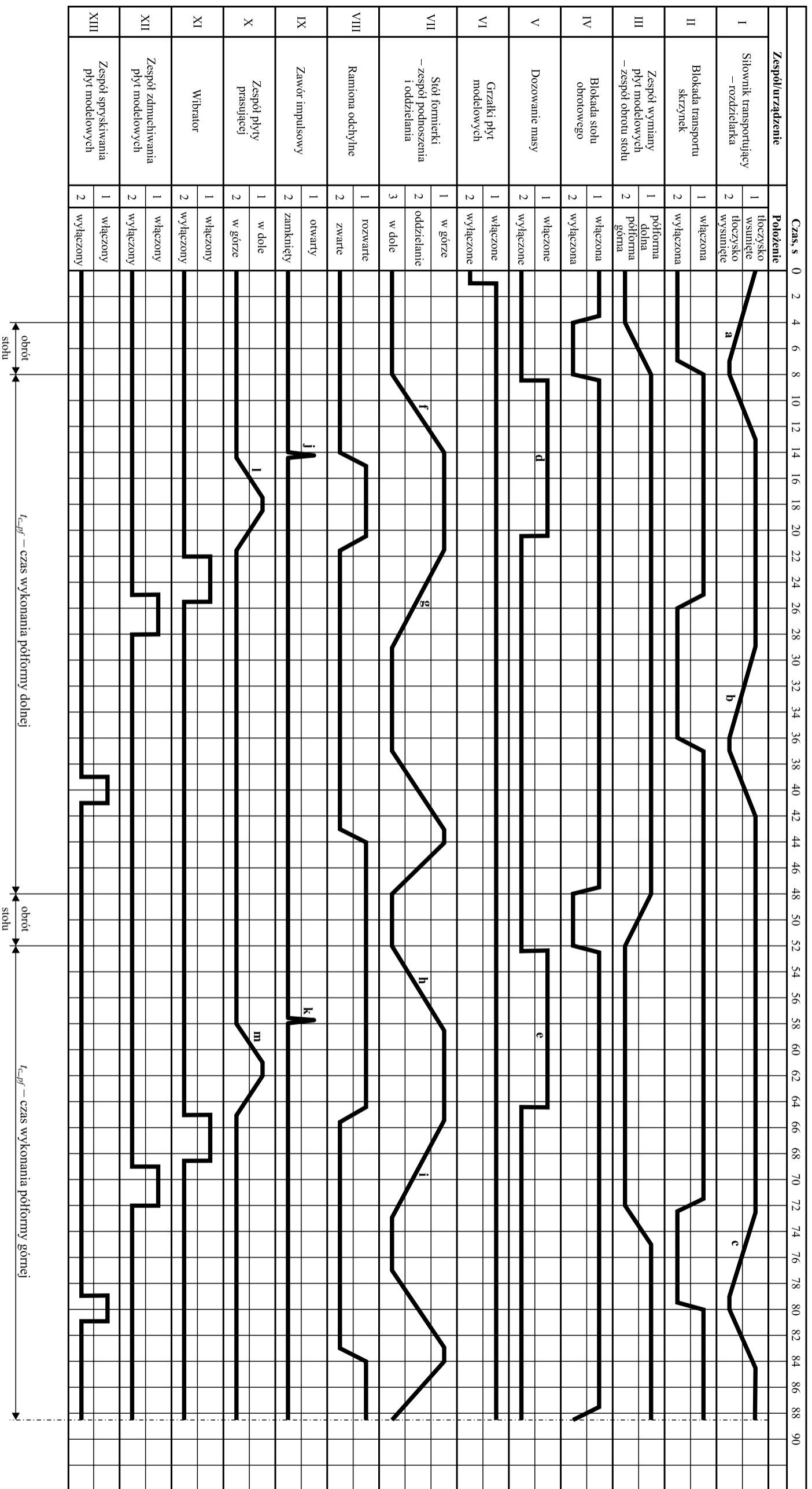
Wykonywanie form metodą dmuchową, podciśnieniową z końcowym doprasowaniem zilustrowano schematycznie na rysunku 3.79 [94].

Schemat linii z automatem HFM 40 i systemem liniowego transportu (odcinka załadunku i studzenia) o 46 lub 96 paletach przedstawiono na rysunku 3.80.

Późniejsze rozwiązania Haflinger 2000 zastosowano w automatach AGM 2030, 2040, 2050, 2060 2070 oraz 2080, o charakterystyce przedstawionej w tabeli 3.11.



**Rys. 3.79.** Charakterystyka przebiegu kolejnych operacji wykonywania form bezskrzynekowych w automacie HFM [94]: a) pozycja wyjściowa, wprowadzenie kasety z płytami modelowymi; płyty modelowe są montowane na nośniku – skrzyni próżniowej, dolne i górne płyty prasujące są w górnym, krańcowym położeniu, b) wypełnienie masą formierską komór formowania wskutek wytworzenia gradientu ciśnienia; realizacja procesu podciśnieniowego, ale również dmuchowego – nadciśnieniowego; zawór instalacji próżniowej, działający z dużą dynamiką, zapewnia warunki impulsowego, wstępnego zagęszczenia masy, c) ostateczny stopień zagęszczenia masy jest uzyskiwany w wyniku doprasowania z obu stron płytami prasującymi; wysokość form i ciśnienie prasowania są zadawane, wyznaczona przy tej okazji zagęszczalność masy służy ewentualnej korekcie jej składu, d) operacja oddzielania wykonanych półform od modeli i wyprowadzenie kasety z modelami z komory formowania, e) operacja automatycznego lub ręcznego zakładania rdzeni oraz kontroli stanu wnek półform, f) złożenie formy, precyzyjne złożenie gwarantują odpowiednie prowadnice, g) wypchnięcie złożonej formy z komory formowania na wózek podformowy, h) wprowadzenie form na wózek podformowy oraz założenie obciążników; na uwagę zasługuje oryginalne rozwiązanie wózka, którego boczne ściany zabezpieczają formę przed zniszczeniem

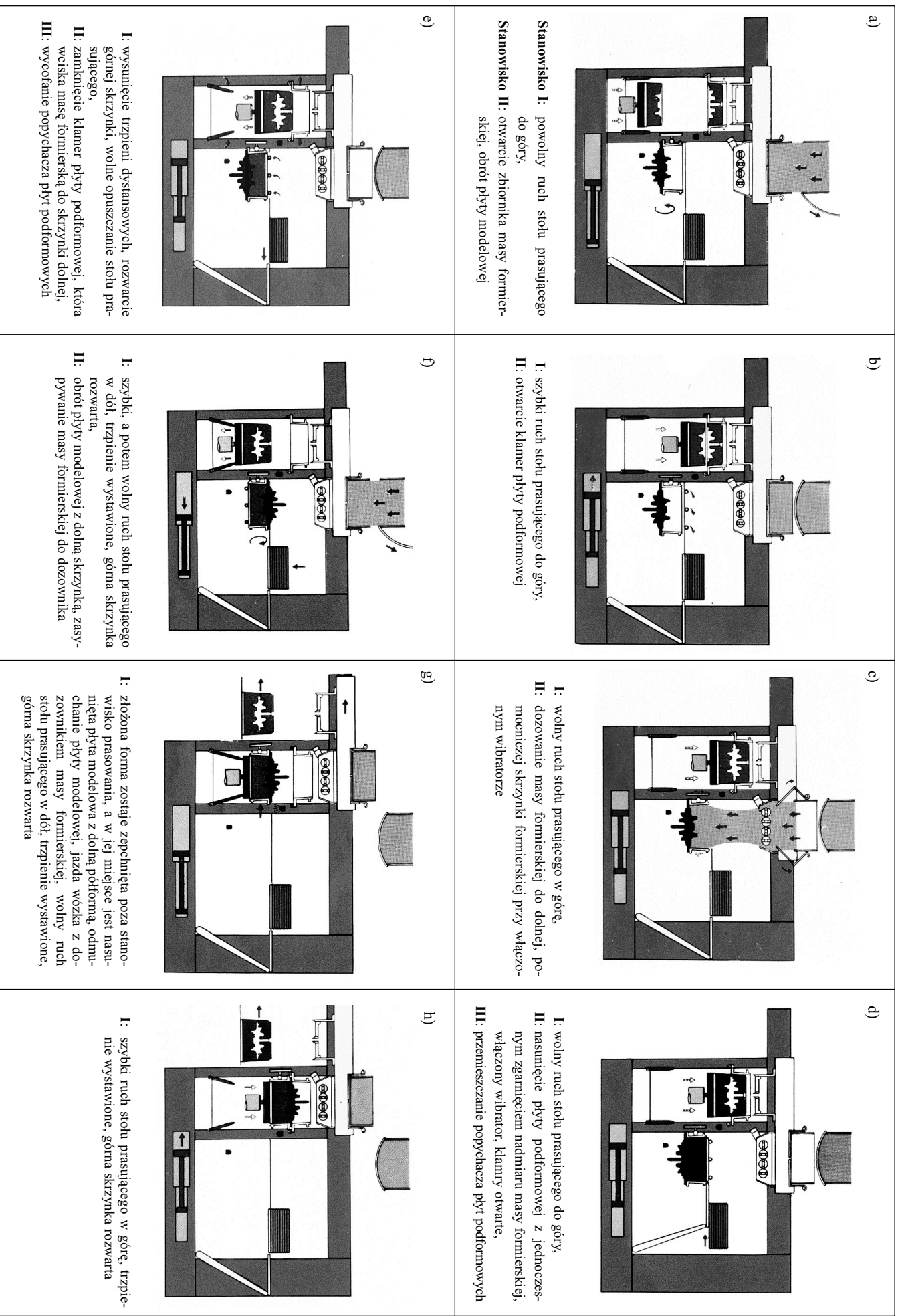


**Rys. 2.48.** Diagram operacyjno-czasowy formierki FTA 108, impulsowo-prasującej firmy PPP Technical [89]: a – wprowadzenie skrzynki dolnej, wyprowadzenie półformy górnej; b – wprowadzenie skrzynki górnej, wyprowadzenie półformy dolnej;

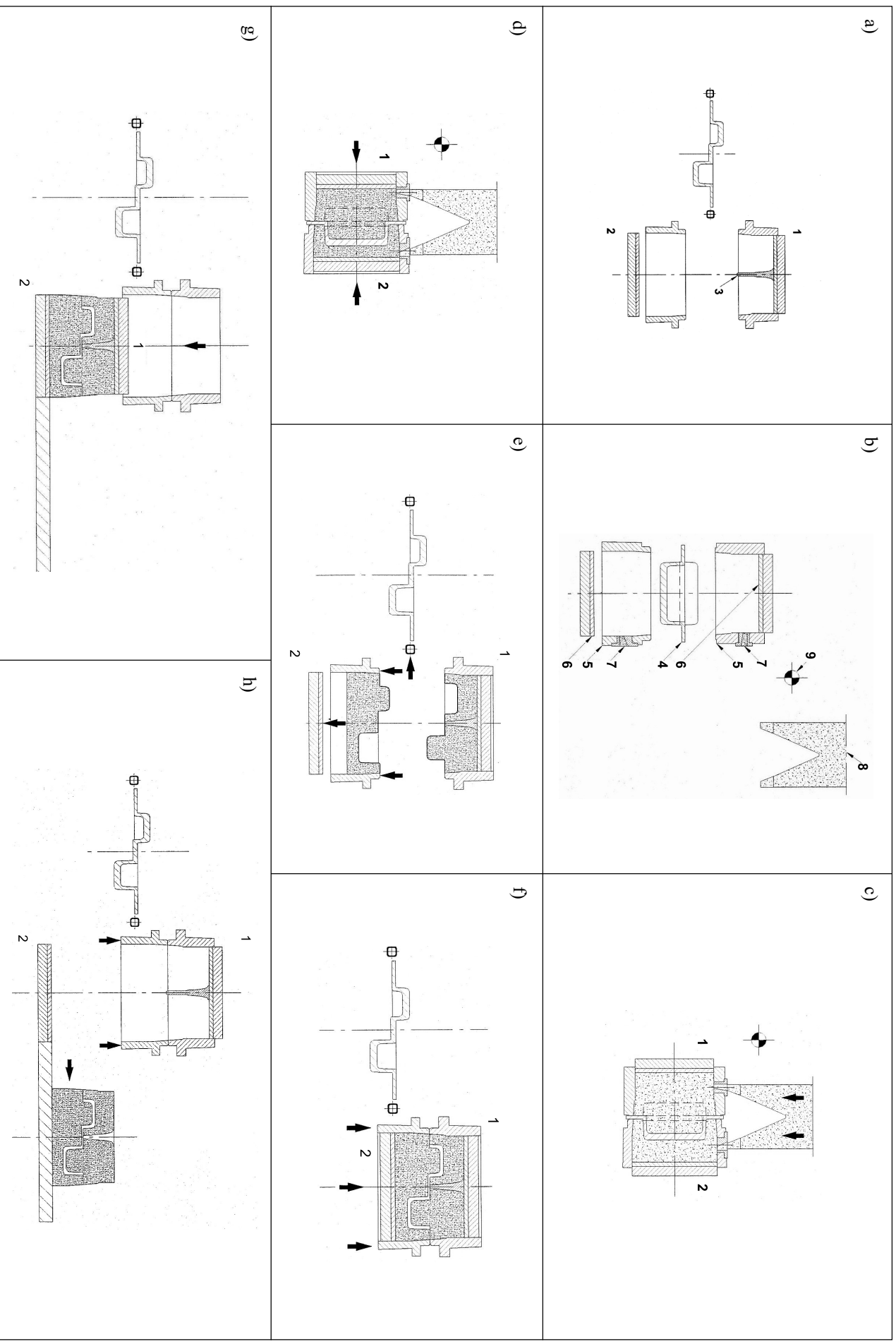
c – wprowadzenie skrzynki dolnej, wyprowadzenie półformy górnej; d – dozowanie masy do skrzynki górnej; e – dozowanie masy do skrzynki dolnej; f – dosunięcie zestawu półformy dolnej do głowicy;

g – oddzielenie płyty modelowej od półformy dolnej; h – dosunięcie zestawu półformy górnej do głowicy; i – oddzielenie płyty modelowej od półformy górnej; j – zageszczanie impulsowe masy w skrzynce dolnej;

k – zageszczanie impulsowe masy w skrzynce górnej; l – doprasowanie masy półformy dolnej; m – doprasowanie masy półformy górnej



Rys. 3.74. Przebieg wytwarzania form bezskrzynkowych przy użyciu automatu Hunter [91, 94]



**Rys. 3.92.** Schemat zespołów automatu DISA March [94]: a, b) operacje rozpoczynające wykonywanie form, czyli składanie komór formowania z płyty modelowej przed ich obrotem i połączeniem z komorą nabojołą maszyną dmuchowej, c) początkowy (wstępny) etap zagęszczania masy w ramach procesu dmuchowego, d) ostateczne zagęszczanie masy przez obustronne prasowanie, e) oddzielenie płyty modelowej i jej wyprowadzenie poza obręb komór formowania z ewentualnym montażem rdzeni, f) składanie formy, g) wypełnienie formy z komór formowania, h) transport formy, i – płyta prasująca górna (górnej półformy), 2 – płyta prasująca dolna (dolnej półformy), 3 – model wlewu głównego, 4 – płyta modelowa, 5 – komora formowania, 6 – płyta grzewcza, 7 – otwór (dysza) dmuchowa, 8 – komora nabojoła (zbiornik masy), 9 – oś obrotu komór formowania