



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

MKP C03b 18/02

Zgłoszono: 28.07.1970 (P. 142334)

Pierwszeństwo: 28.07.1969 Wielka Brytania

Int. Cl.² C03B 18/02

Zgłoszenie ogłoszono: 31.03.1973

Opis patentowy opublikowano: 10.04.1976

Twórcy wynalazku: George Alfred Dickinson, Harold Charnock

Uprawniony z patentu: Pilkington Brothers Limited, Liverpool (Wielka Brytania)

Sposób wytwarzania płaskiego szkła

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania płaskiego szkła, w którym wylewa się stopione szkło z kontrolowaną szybkością do kąpielii stopionego metalu. Wylane szkło może rozlewać się poprzecznie na powierzchni kąpielii aż do granicy swobodnego płynięcia. Następnie powstaje taśma płynnego szkła, którą ochładza się w czasie przesuwania po powierzchni kąpielii do końcowego usunięcia z kąpielii.

Zazwyczaj kąpiel stopionego metalu jest kąpielą stopionej cyny lub stopu cyny.

Wytwarzane szkło może mieć różną grubość, jednak korzystnie jest gdy wytwarza się szkło cienkie o grubości 2 mm i poniżej.

Znany jest z polskiego opisu patentowego nr 51027 sposób wytwarzania szkła o grubości od 3 mm, w którym kontroluje się gradient lepkości przesuwaną taśmę szkła i siły ciągnące, przyłożone do taśmy szkła. Zmniejszeniu grubości taśmy do pożądaných rozmiarów towarzyszy zmniejszenie jej szerokości, a rozmiary ostatecznie wytworzonej taśmy zależą w pewnym stopniu od szybkości doprowadzania szkła do kąpielii.

Znany jest również z polskiego opisu patentowego nr 51026, sposób wytwarzania cienkiego szkła, w którym umożliwia się twarżnienie taśmy, a następnie chwytą się ją i poddaje działaniu siły ciągnącej dla zmniejszenia grubości taśmy w trakcie przechodzenia przez strefę położoną dalej w

2

kierunku jej ruchu niż miejsce uchwycenia, w której zostaje ponownie rozgrzana.

Znanymi sposobami wytwarza się szkło o grubości od 7 do 3 mm. W każdym z tych sposobów zmieniają się rozmiary taśmy szkła, która przesuwa się po gorącej kąpielii.

Możliwe jest również wytwarzanie cieńszego szkła, o grubości poniżej 2 mm. Cieńsze szkło nie traci cech charakterystycznych, a mianowicie ma płaskie równoległe powierzchnie pozbawione zniekształceń. Osiąga się to przez dokładniejszą kontrolę stopniowego zmniejszania grubości i szerokości taśmy niż to robiono dotychczas oraz przez zapewnienie by siły działające na szkło nie zakłócały swobodnego płynięcia poprzecznego, w trakcie którego powstaje początkowa taśma szkła.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu wytwarzania płaskiego szkła o dowolnej grubości, mniejszej od grubości początkowej taśmy szkła powstającej w trakcie swobodnego płynięcia poprzecznego szkła po powierzchni kąpielii oraz zapewnienie dużej wydajności cienkiego szkła, a w szczególności wytworzenie szerszej taśmy cienkiego szkła.

Cel wynalazku został osiągnięty przez to, że przykładą się do krawędzi taśmy szkła siły w kierunku na zewnątrz i wzdłuż przyspieszanej taśmy, której grubość i szerokość ciągle się redukuje, oraz reguluje się wielkość i kierunek działania sił krawędziowych dla regulowania stopniowego i jedno-

czesnego zmniejszania się szerokości i grubości przesuwanej taśmy wzdłuż długości taśmy.

W sposobie według wynalazku reguluje się siły działające na szkło poprzez dobranie prędkości przesuwu szkła w zależności od temperatury szkła, tak, by siły międzypowierzchniowe powstające pomiędzy poruszającym się szkłem i stopionym metalem kąpieli stanowiły reakcję na siły zmniejszające grubość i szerokość szkła.

Stopione szkło dostarczone do kąpieli płynie na boki, nie zakłócone, po powierzchni kąpieli tworząc taśmę szkła. Do krawędzi tworzącej się taśmy przykładają się siły skierowane poprzecznie i w kierunku ruchu, aby regulować szybkość przesuwu tworzącej się taśmy. W ten sposób kontroluje się siły międzypowierzchniowe pomiędzy szkłem i kąpielą, które dostarczają zmieniającej się stopniowo reakcji na wspomniane siły ciągnące wtedy, gdy zmienia się prędkość taśmy. Następnie taśma przechodzi przez obszar regulowanej temperatury i zostaje przyspieszona do prędkości końcowej co kontroluje wielkość sił międzypowierzchniowych pomiędzy kąpielą i szkłem w trakcie zmniejszania grubości i szerokości taśmy. Siły międzypowierzchniowe wzmacniają działanie sił przyłożonych do krawędzi powodując rozkład reakcji na zmniejszające grubość i szerokość siły ciągnące i regulując stopniowe zmniejszanie grubości i szerokości szkła do żądanej grubości.

Do krawędzi tworzącej się taśmy szkła przykładają się siły skierowane na zewnątrz, aby kontrolować szybkość przesuwu tworzącej się taśmy i początkowe stopniowe zmniejszanie szerokości taśmy.

Według wynalazku można do kąpieli stopionego metalu podawać z kontrolowaną szybkością przepływu masy szkło, a następnie na powierzchni kąpieli tworzyć taśmę szklaną. Do taśmy przykładają się siły, początkowo, by przesuwać szkło wzdłuż kąpieli wtedy, gdy taśma się tworzy, a następnie by usunąć z kąpieli taśmę szklaną o pożądanej grubości przy tym samym przepływie masy i ze zwiększoną prędkością. Przesuwana taśma przechodzi przez obszar o dobranych warunkach temperatury, w których taśmę można deformować w pewnym obszarze wzdłuż jej długości, w którym to obszarze szkło staje się stopniowo coraz cieńsze, a jego prędkość wzrasta. W obszarze tym do krawędzi taśmy przykładają się siły działające wzdłuż i w poprzek taśmy i stopniowo kontroluje działanie zmniejszające grubość i szerokość taśmy za pomocą sił ciągnących, przyłożonych do szkła, które można deformować. Siły działające na krawędzie taśmy ustala się tak, by zapewnić właściwy rozkład reakcji na siły ciągnące wzdłuż tego obszaru, a tym samym regulować przyspieszenie szkła do wspomnianej powiększonej prędkości.

Siły krawędziowe można przykładać do krawędzi taśmy szklanej w całym obszarze taśmy, w którym stopniowo zmniejsza się grubość i szerokość szkła. W sposobie według wynalazku zastosowano korzystnie ustawione na przeciw siebie górne rolki, które stykają się z górną powierzchnią krawędzi taśmy w jednym lub wielu miejscach wzdłuż taśmy.

Według wynalazku można dostarczać szkło do kąpieli stopionego metalu z kontrolowaną szybkością tak aby na powierzchni kąpieli tworzyć taśmę szklaną. Do taśmy przykładają się siły, początkowo by przesuwać szkło wzdłuż kąpieli wtedy, gdy taśma się tworzy, następnie, by usunąć z kąpieli taśmę o pożądanej grubości i szerokości przy tym samym przepływie masy i ze zwiększoną prędkością. Przesuwana taśma szkła przechodzi przez obszar o tak dobranych warunkach temperatury, że taśmę można deformować w pewnym obszarze wzdłuż jej długości, w którym to obszarze szkło staje się stopniowo coraz cieńsze wtedy, gdy prędkość taśmy wzrasta. W obszarze tym przykładają się do krawędzi taśmy siły działające wzdłuż i w poprzek taśmy w szeregu miejsc, przy czym dobiera się wielkość i kierunek sił działających na krawędzie w każdym z tych miejsc, tak, by dawały one reakcję na siłę zmniejszającą szerokość i grubość szkła działającą w kierunku ruchu taśmy dalej niż rolki. Poprzez zapewnienie stopniowej kontroli zmniejszanie szerokości i grubości szkła przez siły ciągnące osiąga się pożądaną grubość i szerokość ostatecznej taśmy.

Według wynalazku korzystnie jest przykładać siły krawędziowe poprzez ustalenie kierunku i szybkości szkła na krawędziach taśmy w każdym z miejsc tak, by utrzymać pożądaną szerokość taśmy aż do miejsca, w którym osiągnie ona ostateczną grubość, wbrew siłom dążącym do zwężenia taśmy.

Droga, jaką przebywała każda z krawędzi taśmy wtedy, gdy taśma zmienia swą szerokość i grubość, jest ściśle określona, dzięki czemu taśma szklana ma gładką krawędź w całym obszarze, w którym zmniejsza się grubość i szerokość taśmy. Stopniowe zmniejszenie grubości i szerokości do pożądanej wielkości zachodzi bez poddawania szkła nagłym zmianom warunków, co mogłoby dać w wyniku wprowadzenie zniekształceń szkła.

Sposób według wynalazku można stosować do wytwarzania szkła o grubości poniżej 6 mm, korzystnie o grubości od 3 do 1,5 mm.

Sposób według wynalazku daje najbardziej korzystne wyniki przy wytwarzaniu szkła o grubości 2 mm.

Na fig. 1 przedstawiono urządzenie do stosowania sposobu według wynalazku w przekroju pionowym, fig. 2 — zbiornik urządzenia z fig. 1 z usuniętą pokrywą w widoku z góry, fig. 3 — urządzenie do stosowania sposobu według wynalazku w innym przykładzie wykonania w przekroju pionowym, fig. 4 — urządzenie z fig. 3 w widoku z góry, fig. 5 — urządzenie do stosowania sposobu według wynalazku w jeszcze innym przykładzie wykonania w przekroju pionowym, a fig. 6 — urządzenie z fig. 5 w widoku z góry.

Część topliwna 1 pieca szklarskiego pracującego ciągle (fig. 1, 2) połączona jest z regulatorem 2 wypływu szkła. Regulator 2 steruje wypływem stopionego szkła przez wypust 3, który składa się z lejka 4 oraz ścian bocznych 5. Ściany bocznie i lejek tworzą wypust o przekroju protokątnym.

Wypust 3 znajduje się nad jedną ze ścian szczytowych zbiornika zawierającego kąpiel stopionego metalu, na przykład stopionej cyny lub stopionego stopu cyny, którego głównym składnikiem jest cyna. Zbiornik składa się z dna 8, ścian bocznych 9 i ścian szczytowych 6, 10 u wylotu z kąpeli 7 stopionego metalu o powierzchni 11. Zbiornik jest tak zbudowany, że odległość pomiędzy ścianami bocznymi zbiornika zawsze przewyższa szerokość szkła na kąpeli tak, że szerokość powierzchni kąpeli stopionego metalu jest zawsze dostatecznie duża by umożliwić poprzeczne płynięcie szkła na powierzchni kąpeli.

Na zbiorniku znajduje się pokrywa zawierająca część dachową 12, ścianę szczytową 13 przy wlocie do kąpeli, część 14 pokrywającą wlew 3, ściany boczne 15 oraz ścianę szczytową 16 przy wylocie z kąpeli. Pokrywa tworzy w ten sposób tunel nad kąpielą, w którym utrzymuje się pod zwiększonym ciśnieniem atmosferę ochronną doprowadzoną przewodami 17 połączonymi z rozgałęźnikiem 18. Szczytowa wlotowa ściana 13 tworzy przy wlocie do kąpeli nad powierzchnią 11 stopionego metalu wlot 19 o ograniczonej wysokości, przez który przesuwa się warstwa stopionego szkła utworzona na kąpeli. W podobny sposób wylotowa ściana szczytowa 16 dachu tworzy łącznie z wylotową ścianą 10 zbiornika wylot 20 o ograniczonej wysokości. Przez ten wylot wyładowuje się z powierzchni kąpeli ostateczną taśmę cienkiego szkła na rolki przesuwające 21 zamontowane w znany sposób na poziomie wylotu 20 z kąpeli poza wylotowym końcem zbiornika.

Pionowa wysokość lejka 4 wlewu nad powierzchnią 11 kąpeli stopionego metalu wynosi około 15 cm, dzięki czemu poza szkłem tworzy się fałda stopionego szkła, rozciągająca się do tyłu pod lejkiem 4 wlewu do ściany szczytowej 6 zbiornika. Dzięki swobodnemu spadkowi stopionego szkła z lejka 4 wlewu na powierzchnię kąpeli, szkło, które tworzy dolną powierzchnię taśmy szkła na wlewie spływa ku tyłowi, podczas gdy szkło, które utworzyło górną powierzchnię taśmy szkła na wlewie płynie ciągle do przodu do górnej powierzchni warstwy 23 stopionego szkła, która tworzy się na powierzchni kąpeli ze stopionego szkła wlewane-go przez wlew. W ten sposób zniekształcenie dolnej powierzchni wynikające z fizycznego kontaktu stopionego szkła z wlewem jest minimalne w stopionym szkłe tworzącym większość warstwy 23, poza zupełnie skrajnymi jej obszarami. Wszelkie zniekształcenia zostają zawarte w wąskich paskach krawędzi warstwy stopionego szkła na kąpeli.

Regulator 24 temperatury umieszczony w przestrzeni nad kąpielą, przy wlocie oraz regulator 25 umieszczony w samej kąpeli ustalają takie warunki termiczne przy wlocie do kąpeli, że stopione szkło może swobodnie płynąć poprzecznie do granicy swobodnego płynięcia w trakcie pierwszej części drogi na kąpeli.

Regulatory 24 i 25 temperatury ustalają wzdłuż kąpeli warunki temperatury, którym jest poddawane szkło w trakcie przesuwania do kąpeli. Te warunki temperatury utrzymują szkło w pewnym ob-

szarze wzdłuż taśmy w stanie, w którym można je deformować. W obszarze tym szkło jest poddawane stopniowemu zmniejszaniu jego grubości i szerokości wtedy, gdy jego prędkość zwiększa się, dzięki czemu powstaje ostateczna taśma szkła. Na ogół warunki temperatury ustala się tak, by temperatura szkła zmniejszała się stopniowo w trakcie przechodzenia przez kąpiel, lecz można wyregulować regulatory 24 i 25 tak, by możliwe było, na przykład, ponowne ogrzanie taśmy w trakcie zmniejszania jej grubości i szerokości.

Sposób wytwarzania przedstawiony na fig. 1 i fig. 2 jest dogodny do produkcji szkła o grubości 3 mm. Stopione szkło sodowo wapniowo krzemowe wlewa się na powierzchnię kąpeli 7 stopionego metalu z przepływem około 3 000 ton na tydzień i szkło rozplywa się na boki po dotarciu do powierzchni kąpeli do szerokości 6,4 m. Szerokość ta zostaje osiągnięta gdy szkło dociera do granicy swobodnego płynięcia pod działaniem sił napięcia powierzchniowego i ciężkości, jak również sił ciągnących, przesuujących szkło do przodu po kąpeli. Miejsce, w którym kończy się swobodne płynięcie poprzeczne jest położone około 4,5 m do przodu kąpeli. W tym obszarze szkło ma temperaturę około 1050°C i grubość niewiele poniżej 7 mm.

Wytworzona w ten sposób na powierzchni kąpeli warstwa 23 stopionego szkła jest przesuwana do przodu w postaci taśmy, a tworząca się taśma składa się ze szkła o małej lepkości, na przykład o lepkości 10^{4,2} puazów.

W trakcie początkowego przesuwania się tworzącej się taśmy wzdłuż kąpeli z prędkością 2,5 m/min. szkło taśmy jest obrabiane termicznie przy użyciu regulatorów 24 i 25 w taki sposób, aby stopniowo się oziębiało. Na pewnej odległości szkło ma nadal tak małą lepkość, że każda próba zmniejszenia szerokości przez działanie przyłożonej od strony wylotu z kąpeli siły ciągnącej powinna, o ile nie zostanie powstrzymana, dać w wyniku płynięcie szkła ku środkowi tak, aby utrzymać taką samą grubość szkła, jaką miało ono wtedy, gdy zakończyło się swobodne płynięcie poprzeczne. W przykładzie realizacji sposobu według wynalazku w trakcie pierwszych 18 metrów drogi taśma jest poddana gradientowi temperatury, który obniża temperaturę szkła do 840°C, co odpowiada lepkości 10⁶ puazów. W czasie gdy szkło osiąga tę większą lepkość, dążenie szkła do płynięcia ku środkowi, aby odzyskać swą początkową grubość jest znacznie zmniejszone. Miejsce, w którym szkło osiąga lepkość 10⁶ puazów jest wyznaczone przez przegrodę 26, która dzieli przestrzeń nad kąpielą i zwiększa się z pokrywy do niedużej odległości od powierzchni taśmy szklanej przesuwającej się po powierzchni kąpeli. Przegroda 26 jest w omawianym przykładzie umieszczona w odległości 18 m od wlotowej ściany szczytowej zbiornika. Rysunki nie zostały wykonane w skali i mają jedynie charakter ilustracyjny.

W trakcie przesuwania się stopionego szkła sodowo-wapniowo-krzemowego przez większą część początkowych 18 metrów kąpeli, jego lepkość zawiera się w granicach od 10⁴ do 10⁵ puazów. Gdy

lepkość szkła wzrasta powyżej 10^5 puazów, skierowana wzdłużna siła ciągnąca, która jest przekazywana od rolek 21 przy wylocie, poprzez taśmę w kierunku wlotu od kąpieli, zaczyna bardziej efektywnie rozciągać taśmę, ponieważ lepkość wzrasta do wartości, przy której szkło może przenosić większe siły zmniejszające jego grubość i szerokość.

Na początku kąpieli, jednakże, gdzie szkło ma mniejszą lepkość, w celu utrzymania szerokości szkła, po obu stronach zbiornika, w odległości 9 metrów od wlotowej ściany szczytowej 6 zamontowano skośnie dwie górne rolki 27 i 28. Te górne rolki są wykonane z moletowanego grafitu lub stali nierdzewnej i osadzone na wałach przechodzących przez boczne ściany zbiornika. Górne rolki 27, 28 chwytają krawędzie taśmy od góry, wkrótce po rozpoczęciu przez tworzącą się taśmę ruchu wzdłuż kąpieli.

W tym obszarze temperatura szkła wynosi 950°C , a lepkość około $10^{4,6}$ puazów. Górne rolki 27, 28 są ustawione pod kątem, na przykład 5° do 7° (na rysunku zaznaczony przesadnie) do osi prostopadłej do kierunku przesuwu taśmy i wywierają na krawędzie tworzącej się taśmy siły skierowane na zewnątrz i wzdłuż. Rolki 27 i 28 są napędzane z taką szybkością, aby przesuwały krawędzie szkła z prędkością około 2,9 m/minutę, a składowe skierowane na zewnątrz powstrzymują przed nadmierną utratą szerokości.

Szerokość szkła zmniejsza się do około 6,1 metra i występuje niewielkie zmniejszenie grubości szkła spowodowane działaniem sił ciągnących zmniejszających nieco grubość i szerokość szkła dzięki reakcji jaką wywierają siły międzypowierzchniowe pomiędzy przesuwanym się szkłem i kąpielą i pewnej reakcji wywieranej przez górne rolki 27 i 28.

W odległości 4,5 metra od rolek 27 i 28 w kierunku wylotu z kąpieli zamontowano następną parę górnych rolek 29 i 30, które w podobny sposób oddziałują na krawędzie przesuwanego się szkła, którego temperatura jest nieco niższa, na przykład około 900°C , w której ot temperaturze lepkość szkła wynosi około $10^{5,2}$ puazów.

Szkło znajduje się nadal w warunkach takich, że występuje dążenie do zmniejszenia jego szerokości wywołane napięciem powierzchniowym, jak również działaniem zwięzającym siły ciągnącej. Górne rolki 29 i 30 są ustawione pod kątem i napędzane tak, aby przesuwały szkło z prędkością 3,5 m/minutę. Górne rolki są usytuowane w taki sposób, aby utrzymywały szerokość taśmy około 6 metrów podczas gdy grubość szkła zmniejszyła się po przejściu przez górne rolki 29 i 30 do około 6 mm.

Charakter szkła w trakcie przesuwania nie zmienia się podczas przyspieszania szkła od prędkości postępowej rzędu 2,5 m/minutę wtedy, gdy zachodzi nie zakłócone płynięcie poprzeczne do prędkości rzędu 3,5 m/minutę gdy szkło przesuwa się obok górnych rolek 29 i 30.

Gdy szkło przesuwa się w kierunku przegrody 26 następuje dalsze jego ochłodzenie i wtedy, gdy przechodzi ono pod przegrodą 26 ma szerokość rzędu 5,4 metra i grubość zmniejszoną nieco poniżej 6 mm.

Pomiędzy przegrodą 26 i umieszczoną dalej w kie-

runku ruchu szkła podobną przegrodą 31, w odległości 12 metrów od przegrody 26 znajduje się określona strefa ponownego ogrzewania, w której grzejniki 32 umieszczone w pokrywie i grzejniki 33 umieszczone w kąpieli ogrzewają szkło ponownie do temperatury 870°C , wtedy, gdy przesuwa się ono przez tę strefę.

Rolki 21 znajdujące się przy wylocie z kąpieli wyładowują ostateczną taśmę 36 cienkiego szkła z kąpieli z prędkością 12,5 m/minutę. W strefie ponownego ogrzewania następuje więc znaczne przyspieszenie szkła i grubość szkła zostaje raptownie zmniejszona do 3 mm wtedy, gdy szkło przesuwa się pod przegrodą 31. Podczas ponownego ogrzewania szkło osiąga maksymalną temperaturę 870°C , przy której ma ono lepkość około $10^{5,6}$ puazów, mniej więcej w połowie drogi przez strefę ponownego ogrzewania. Gdy szkło znajduje się w tym stanie, chwytają je kolejna para górnych rolek krawędziowych 34 i 35, które wywierają na krawędzie szkła siły skierowane wzdłuż i w poprzek taśmy. Siły te progresywnie przeciwdziałają sile ciągnącej, która wywiera na krawędzie szkła działanie zwięzające i zapobiegają niekorzystnej stracie szerokości podczas raptownego przyspieszania i zmniejszania grubości taśmy szkła. Podłużnie skierowana reakcja na działanie siły ciągnącej, zmniejszającej grubość i szerokość taśmy, wywierana przez górne rolki 27, 28 i 29, 30 jak również siły międzypowierzchniowe występujące pomiędzy taśmą szklaną i kąpielą wspomagają siły wywierane na krawędzie przez górne rolki w wytwarzaniu rozkładu efektywnej reakcji wzdłuż obszaru, w którym zmniejsza się grubość szkła, co reguluje progresywne zmniejszanie grubości szkła do pożądanej wielkości końcowej.

Ustalenie prędkości obrotu górnych rolek w każdym z położzeń, w których stykają się one z krawędziami szklanej taśmy, jest zawsze uzgodnione z szybkością przepływu masy szkła dostarczanego do kąpieli z prędkością, z jaką jest wyładowywana z kąpieli taśma 36 oraz z ustalonymi warunkami temperatury. W efekcie urządzenie zostaje dostrojone, dzięki czemu siły przyłożone do krawędzi szkła są w każdym punkcie uzgodnione z innymi przyspieszającymi siłami działającymi na szkło w tym punkcie jak również z reakcją na wyciąganie wywołaną przez siły międzypowierzchniowe między szkłem i metalem działające w tym punkcie.

W czasie gdy szkło przesuwa się pod przegrodą 31 jego szerokość wynosi 3,5 metra, a grubość 3 mm. Grzejniki 32 i 33 umieszczone w strefie ponownego ogrzewania są wyregulowane w taki sposób, aby taśma szklana przechodząca pod przegrodą 31 miała na przykład temperaturę około 830°C , a lepkość szkła wynosiła około $10^{6,2}$ puazów tak, że szkło staje się ustabilizowane termicznie. Dalsze ochładzanie szkła następuje poza przegrodą 31 i nie zachodzą tu już żadne zmiany szerokości i grubości taśmy. Resztę swej drogi po kąpieli szkło przebywa z prędkością 12,5 metra na minutę. W czasie gdy szkło osiąga wylot ze zbiornika jego temperatura spada do około 650°C .

Duża prędkość cienkiej taśmy o grubości 3 mm przesuwałej się po powierzchni kąpeli i rap-
towane przyspieszenie szkła wtedy, gdy jego gru-
bość i szerokość ulegają zmniejszeniu, zapewniają
wystąpienie efektywnego podłużnego rozkładu
reakcji na siły zmniejszające grubość i szerokość.
Reakcja ta pojawia się dzięki siłom międzypo-
wierzchniowym pomiędzy dolną powierzchnią szkła
i powierzchnią kąpeli stopionego metalu. Zmniej-
szenie grubości i szerokości szkła w strefie po-
nownego ogrzania zachodzi wbrew siłom reakcji
spowodowanym przez siły międzypowierzchniowe
działające łącznie z trzema parami górnych rolek
27 i 28, 29 i 30 oraz 34 i 35. Powyżej przegrody
26 zostają przekazane jedynie niewielkie siły cią-
gnące, dostateczne na to, by zapewnić przesuw tw-
rzającej się taśmy do przodu wzdłuż gorącego ob-
szaru kąpeli, chociaż występowanie niewielkiej
siły ciągnącej, działającej w tym obszarze oczy-
wiście powoduje pewne zmniejszenie grubości
tworzącej się taśmy, jak to opisano powyżej, pod-
czas gdy szkło jest utrzymywane poprzecznie
wskutek działania górnych rolek 27, 28 i 29, 30.

Wszystkie pary rolek 27, 28, 29, 30 i 34, 35 są
zamontowane pod kątem do bocznych ścian zbiornika.
Kąt jaki tworzą osie rolek z kierunkiem
prostopadłym do kierunku przesuwu taśmy może
wynosić od 0° do 10°. Nawet jeśli osie górnych
rolek tworzą ze ścianami zbiornika kąt prosty,
rolki wywierają na szkło siły skierowane podłuż-
nie i poprzecznie na skutek kształtu krawędzi
taśmy szklanej, której szerokość zmniejsza się
stopniowo, co widać na rysunku.

W sposobie wytwarzania szkła według wynalazku
(fig. 3 i 4) o grubości 3 mm, stopione szkło
wlewa się na powierzchnię kąpeli stopionego me-
tal z szybkością 2600 ton na tydzień. Szkło po
wylaniu na powierzchnię kąpeli rozplywa się na
boki i tworzy warstwę 23, o szerokości 6,35 m.
Szerokość ta zostaje osiągnięta, gdy szkło dociera
do granicy swobodnego płynięcia pod działaniem sił
napięcia powierzchniowego i ciężkości, jak również
sił ciągnących, przesuwałających szkło po kąpeli
do przodu. Swobodne płynięcie ustaje wtedy, gdy
szkło przebędzie około 4,5 metra wzdłuż kąpeli.
W tym obszarze szkło ma temperaturę około
1025°C i grubość nieco poniżej 7 mm.

Z wylotu kąpeli (ku początkowi zostaje przeka-
zana siła ciągnąca, która wystarcza do przesuwa-
nia taśmy o takiej samej szerokości, jaka została
osiągnięta po ustaniu swobodnego płynięcia.
W trakcie tego przesuwania szkło ochładza się
stopniowo pod wpływem działania temperatury, aż
jego lepkość osiągnie wielkość, przy której szkło
jest w stanie, w którym można je deformować.
Początkowo, w przypadku szkła sodowo wapniowo
krzemowego lepkość w trakcie niezaburzonego plyn-
ięcia poprzecznego wynosi około 10^{4,2} puazów, a
w trakcie przebywania po kąpeli pierwszych 18
metrów temperatura szkła zmniejsza się do około
870°C, w której to temperatura lepkość szkła wy-
nosi około 10^{5,5} puazów. Gdy szkło ma tę lepkość,
siły ciągnące skierowane podłużnie bardziej sku-
tecznie deformują taśmę.

Szkło dociera do obszaru taśmy, w którym gru-
bość i szerokość szkła ulega progresywnemu
zmniejszeniu. W celu kontroli zmniejszania gru-
bość i szerokość taśmy, do jej krawędzi przykłada
się w pewnym punkcie siły, które ustalają wiel-
kość i kierunek prędkości szkła na krawędziach
taśmy w tym punkcie. Osiąga się to przez zamo-
cowanie w tym punkcie pary ustawionych skośnie
górnych rolek 37 i 38 chwytających krawędź szkła.
Rolki te są zamocowane w odległości 15 metrów
od szczytowej ściany wlotowej 6 zbiornika na koń-
cach wałów 39 i 40, które przechodzą przez usz-
zczelnienia dławieniowe w bocznych ścianach 9
zbiornika. Górne rolki są zamontowane na prze-
ciw siebie i są ustawione pod kątem 5° do kie-
runku poprzecznego tak, że wywierają na krawę-
dzie taśmy siły skierowane podłużnie oraz po-
przecznie. Górne rolki 37 i 38 są obracane z taką
szybkością, by prędkość przesuwu krawędzi szkła
wynosiła 2,5 m/minutę. Szkło chwywane przez te
górne rolki ma temperaturę około 870°C. Szer-
okość szkła zmniejsza się do około 6,1 metra, a
grubość taśmy również niewiele się zmniejsza.

Gdy szkło przechodzi pod górnymi rolkami 37
i 38 temperatura spada stopniowo do około 810°C
i następuje stopniowe zmniejszenie grubości i sze-
rokości taśmy w trakcie jej przesuwania. Aby za-
pewnić łagodne zmniejszanie się szerokości taśmy
w trakcie stopniowego zmniejszania grubości i sze-
rokości szkła, w odległości 9 metrów w kierunku
przesuwu taśmy od rolek 37 i 38 zamontowano
następną parę górnych rolek 41 i 42. Rolki 41 i
42 są osadzone na końcach wałów 43 i 44, które
również przechodzą przez uszczelnienia dławienio-
we w ścianach bocznych 9 zbiornika i tworzą z
kierunkiem poprzecznym zbiornika kąt 7°.

Górne rolki 41 i 42 są obracane synchronicznie
z taką szybkością, że prędkość liniowa krawędzi
szkła w kierunku ku środkowi wynosi 3,9
m/minutę. Zanim szkło osiągnie górne rolki 41 i 42
zostaje lekko podgrzane do około 830°C, żeby
zwiększyć wydajność sił wywieranych przez górne
rolki 41 i 42 przy nie zmniejszeniu szerokości taś-
my i przy jednoczesnym zmniejszaniu jej grubości.

W trakcie przechodzenia szkła wzdłuż części ob-
szaru pomiędzy górnymi rolkami 37, 38 i górnymi
rolkami 41, 42 szkło ulega przyspieszaniu. Prędkość
obrotu górnych rolek 41, 42 jest uzgodniona z
prędkością obrotu górnych rolek 37, 38 w taki
sposób, by zapewnić wystąpienie sił reakcji na
zmniejszanie grubości i szerokości przez siły cią-
gnące, które działają od wylotu w kierunku wlotu
do kąpeli. Następuje stopniowe zmniejszanie gru-
bości i szerokości szkła pod wpływem i w miarę
jego przyspieszania, podczas gdy siły działające na
krawędzie są zsynchronizowane.

Siły wywierane na krawędzie przez górne rolki
ustalają wzdłuż obszaru, w którym szkło można
deformować, rozkład efektywnej reakcji na działa-
nie siły ciągnącej, zmniejszającej grubość i szer-
okość szkła.

Po przejściu szkła poza rolki 41 i 42 zostaje ono
dalej chłodzone do temperatury 820°, a następnie
do około 780° po dalszych 9 metrach. W tej tem-

peraturze szkło ma lepkość $10^{9,8}$ puazów i nie pod-
 daje się już działaniu deformujących sił ciągną-
 cych wywieranych na ostateczną taśmę przez rolki
 21 umieszczone przy wylocie z kąpieli. Rolki te
 wyładowują taśmę 36 cienkiego szkła z kąpieli z
 takim samym przepływem masy, 2600 ton/tydzień,
 z jakim wlewano do kąpieli stopione szkło, lecz ze
 znacznie zwiększoną prędkością, wynoszącą 12
 m/minutę. Po przejściu szkła pod górnymi rołkami
 41 i 42 następuje raptowne przyspieszenie taśmy
 aby osiągnąć prędkość 12 m/minutę wtedy, gdy
 szkło stwardnieje dostatecznie na to, by zachowy-
 wało swe rozmiary. Taśma 36 ma szerokość 3,1
 metra i grubość 3 mm. Gładka powierzchnia uzy-
 skana przez warstwę 23 w trakcie niezaburzonego
 płynięcia poprzecznego zostaje zachowana w trak-
 cie zmniejszania grubości i szerokości taśmy. Górne
 rolki dostarczają reakcji siłom zmniejszającym
 grubość i szerokość taśmy, a również kontrolują
 stopniowe zmniejszanie szerokości taśmy tak, że
 taśma szklana ma krawędź o gładkim zarysie
 (fig. 4). Siły działające na szkło wytwarzają stop-
 niowe zmiany rozmiarów szkła, co w połączeniu
 z ciągliwością stopniowego wzrostu lepkości szkła w
 trakcie zmniejszania grubości i szerokości taśmy,
 zapewnia utrzymywanie cech charakterystycznych
 powierzchni w trakcie produkcji szkła.

Obróbka cieplna szklanej taśmy w trakcie jej
 przesuwania zmniejsza możliwość zniekształcenia
 powierzchni szkła w procesie zmniejszania jego
 grubości i szerokości. Gdy układy górnych rołek
 przestaną działać, na przykład gdy stracą kontakt
 z krawędziami taśmy, jedynym tego przejawem
 będzie zwiększenie grubości taśmy, co czyni sposób
 według wynalazku bezpiecznym, ponieważ ewen-
 tualna awaria daje w wyniku produkowanie szkła
 o zwykłej grubości od 6 mm do 7 mm.

W czasie gdy cienka taśma 36 osiąga wylot ze
 zbiornika, zostaje oziębiona do 600°C , a szybkość
 12 m/minutę, z którą taśma jest wyładowywana, za-
 pewnia, że siły reakcji są generowane w całym
 obszarze, w którym zmniejsza się szerokość i gru-
 bość szkła. Nawet gdy prędkość szkła jest znacznie
 mniejsza w pobliżu gorącego wlotu do kąpieli, tak-
 ie siły międzypowierzchniowe, jakie występują
 pomiędzy szkłem o małej lepkości i stopionym me-
 talem są w tym procesie efektywne dzięki mniej-
 szej lepkości szkła.

Lepkość szkła w miejscu, w którym jest ono
 chwytane przez górne rolki, ma taką wielkość aby
 regulowanie prędkości przesuwu zachodziło na ca-
 łej szerokości taśmy. Siły wywierane na krawę-
 dzie przez górne rolki 41 i 42 oraz siły międzypo-
 wierzchniowe występujące pomiędzy szkłem a me-
 talem w tym obszarze i w kierunku wylotu od
 niego, łączą się i dają w wyniku efektywną reakcję
 na siły zmniejszające grubość i szerokość szkła
 działające w obszarze położonym poza rołkami 41
 i 42 w kierunku wylotu kąpieli.

Podobnie działanie rołek 37 i 38 jest wywierane
 na całej szerokości taśmy. Kontrolują one prę-
 dkość taśmy i dostarczają reakcji na siły zmniej-
 szające szerokość i grubość taśmy działające w

obszarze pomiędzy rołkami 37, 38 i rołkami 41, 42.
 Prędkość kątowna górnych rołek 37 i 38 zostaje rów-
 nież ustalona zgodnie z dostrojeniem urządzenia w
 celu wytwarzania szkła o pożądanej szerokości i
 grubości tak, aby regulowały one wcześniejsze sta-
 dium stopniowego zmniejszania grubości i szeroko-
 ści taśmy. To znaczy, międzypowierzchniowe
 siły reakcji sumują się z reakcją wywieraną przez
 górne rolki 37, 38 i 41, 42 i bierze się je pod uwagę
 przy wyznaczaniu kąta pod jakim ustawia się gór-
 ne rolki oraz przy ustalaniu ich prędkości w taki
 sposób, by spełnić wymagany rozkład wzdłuż ob-
 szaru, w którym zachodzi zmniejszenie szerokości
 i grubości taśmy. Przed rolki 37 i 38 w kierunku
 wlotu kąpieli zostaje przekazana siła ciągnąca wy-
 starczająca do zapewnienia przesuwania się po-
 czątkowej taśmy z prędkością około 2,5 m/minutę
 w gorącym obszarze kąpieli.

W urządzeniu do stosowania sposobu według wy-
 nalazku (fig. 5 i 6) rozkład efektywnej reakcji
 w obszarze zmniejszania grubości i szerokości taś-
 my jest wspomagany przez jeszcze jedną parę
 górnych rołek 45 i 46. Pierwsza para górnych rołek
 37 i 38 i druga para rołek 41 i 42 są usytuowane
 w tej samej pozycji, jak na fig. 3 i 4. Dodatko-
 wa para górnych rołek 45 i 46 jest umieszczona
 około 4,5 metra za drugą parą rołek 41 i 42, a wały
 47 i 48, na których osadzono trzecią parę rołek 45
 i 46 sięgają dalej w głąb zbiornika i są ustawione
 pod takim samym kątem 7° jak wały rołek 41 i 42.

Skala na fig. 5 i 6 jest w porównaniu ze skalą
 fig. 3 i 4 zmniejszona.

Ruch krawędzi szkła jest kontrolowany w koń-
 cowym stadium zmniejszania grubości i szerokości
 taśmy gdzie szybko rośnie prędkość szkła.

Przy takim ustawieniu trzech par rołek można
 wytwarzać szkło o grubości 3 mm z takim samy-
 m przepływem masy, wynoszącym 2600 ton/ty-
 dzień. Wytwarza się warstwę szkła o zwykłej gru-
 bości od około 6 mm do 7 mm, a następnie war-
 stwę tę ochładza się w trakcie przesuwania w kie-
 runku rołek 37 i 38 do około 860°C . Górne rolki
 37 i 38 są napędzane tak, by przekazywały krawę-
 dziom taśmy prędkość 2,8 m/minutę, a poza rol-
 kami 37 i 38 szkło ochładza się najpierw do tem-
 peratury 825°C a następnie do temperatury około
 820°C , w której szkło osiąga drugą parę rołek
 41 i 42. Rolki te są napędzane tak, by przekazywa-
 ły krawędziom taśmy prędkość 4,4 m/minutę, a
 ponieważ są ustawione pod kątem 7° wywierają
 również działanie hamujące i stopniowe zmniej-
 szanie szerokości taśmy w trakcie przyspieszania
 szkła.

Przed przesunięciem się do miejsca uchwycenia
 przez trzecią parę górnych rołek 45 i 46 taśma zo-
 staje ogrzana do temperatury około 840°C . Rolki
 45 i 46 są napędzane tak, aby przekazywały kra-
 wędziom szkła prędkość 5,6 m/minutę, a następnie
 szkło w trakcie przyspieszania dalszego do końco-
 wej prędkości taśmy, 10 m/minutę, jest utrzymy-
 wane w temperaturze 815°C .

W każdym z kolejnych położań, w których prze-
 suw taśmy jest kontrolowany przez górne rolki,
 występuje siła skierowana na zewnątrz.

Prędkość taśmy w każdym z tych miejsc jest tak powiązana z prędkością taśmy w innych miejscach, że w każdym z nich występuje reakcja na siły zmniejszające grubość i szerokość taśmy pochodzące z miejsc leżących dalej w kierunku przesuwu szkła.

Ustalenie i oddziaływanie sił wzdłuż całej taśmy zapewnia występowanie efektywnego rozkładu reakcji zapewniającej progresywną kontrolę działania zmniejszającego grubość i szerokość wywieranego przez siłę ciągnącą na szkło, które daje się deformować. Dzięki temu szkło ma gładką krawędź, co świadczy o tym, że grubość i szerokość taśmy zmniejszają się stopniowo do żądanych wielkości w powoli zmniejszającej się temperaturze. Szerokość końcowej taśmy 36 o grubości 3 mm wynosi 3,3 metra, a stopniowe zmniejszanie się szerokości do tej wielkości końcowej pod wpływem działania górnych rolek świadczy o tym, że w trakcie raptownego zmniejszania grubości i szerokości szkła usunięto jego zniekształcenia.

Urządzenie przedstawione na fig. 5 i 6 można w prosty sposób przystosować do produkcji cieńszego szkła poprzez regulację prędkości trzech par górnych rolek i rolek ciągnących 21 przy wylocie z kąpielii. Aby wytwarzać taśmę szklaną o grubości 2,5 mm i szerokości 2,8 m z tym samym przepływem masy 2600 ton/tydzień i w takich samych warunkach temperatury, należy ustalić prędkość poszczególnych rolek tak, by krawędzie szkła przesuwały się pod rolkami 37 i 38 z prędkością 2,8 m/minutę, pod rolkami 41 i 42 z prędkością 4,2 m/minutę, a pod rolkami 45 i 46 z prędkością 5,4 m/minutę. Rolki 21 są napędzane tak, aby wyładowywały taśmę z prędkością 15 m/minutę. Szkło wytwarzane w ten sposób nie przejawia obniżenia jakości.

Szkło o grubości 2 mm i szerokości 2,8 metra produkuje się po dalszej regulacji uzgodnionych ze sobą prędkości. Przy tym samym przepływie masy i tych samych warunkach temperatury oraz prędkości wyładowywania z kąpielii wynoszącej 18 m/minutę, górne rolki 27 i 28 napędzane są z nieco zwiększoną prędkością 3,1 m/minutę, rolki 29 i 30 z prędkością 5,3 m/minutę, a trzecia para rolek 34 i 35 z prędkością 6,7 m/minutę. Przy tych większych prędkościach zwiększone siły międzypowierzchniowe reakcji zapewniają pożądany rozkład reakcji wzdłuż obszaru, w którym grubość szkła zostaje raptownie zmniejszona do ostatecznej wielkości 2 mm, przy czym raptowne przyspieszenie w żaden sposób nie zakłóca powierzchni szkła wytwarzanej w gorącym końcu kąpielii.

Efektywne uchwycenie krawędzi taśmy przez górne rolki w celu ustalenia wielkości i kierunku prędkości szkła w krawędziach taśmy w każdym z miejsc osiąga się dzięki zastosowaniu moletowanych rolek grafitowych, a przy większych prędkościach należy stosować rolki ze stali nierdzewnej odpornej na wysoką temperaturę, wyposażone w ostre zęby na krawędziach.

Ułatwia to efektywną regulację prędkości krawędzi szkła, zwłaszcza przy dużych prędkościach

stosowanych przy wytwarzaniu szkła o grubości 2 mm, ponieważ przyspieszenie krawędzi taśmy musi być takie same jak i jej środkowej części.

Podane powyżej kąty ustawienia rolek są najkorzystniejsze, przy czym kąt ustawienia pierwszej pary rolek można zmieniać od 0° do 5°, a drugiej i wszystkich następnych par rolek, w zakresie od 5° do 10°.

Przez dalsze podwyższenie prędkości obrotu rolek ciągnących 21 i par górnych rolek bez większego dopasowywania warunków temperatury można wytwarzać cieńsze szkło, na przykład do 1,5 mm grubości z szybkością końcową rzędu 28 m/minutę. Jeśli to jest konieczne, można zamontować więcej górnych rolek, których działanie dodaje się do rozkładu efektywnej reakcji na siły zmniejszające grubość i szerokość w obszarze taśmy, w którym szkło można deformować. W ten sposób nadal zachodzi stopniowe zmniejszanie grubości i szerokości szkła pod wpływem przyspieszania szkła, które następuje jednakowo w poprzek taśmy, nawet przy dużych prędkościach koniecznych do produkcji cieńszego szkła o grubości 1,5 mm, które jest wyładowywane z kąpielii z szybkością na przykład rzędu 24 m/minutę.

Gdy rolki utracą styczność z krawędzią taśmy, taśma powraca do podstawowej grubości 7 mm, a wytwarzanie cienkiego szkła rozpoczyna się raptownie na nowo gdy tylko górne rolki zetkną się znów z krawędziami szkła.

To zabezpieczenie produkcji jest ważne zwłaszcza przy dużych prędkościach, w szczególności, że odprężarka tunelowa, przez którą przechodzi taśma szkła jest napędzana z tą samą dużą prędkością co i rolki ciągnące 21.

Przy zastosowaniu sposobu według wynalazku można wytwarzać szkło o grubości od 6 mm do 1,5 mm, a nawet poniżej. Zmianę grubości produkowanego szkła wprowadza się przez zmiany ustawienia i prędkości górnych rolek bez większego zmieniania warunków temperatury tak, że zmiany można wykonywać szybko, nie powodując przy tym przestojów w produkcji. Szkło wytworzone sposobem według wynalazku ma powierzchnię wolną od zniekształceń. Po wygięciu i zahartowaniu można je używać do produkcji laminowanych szyb samochodowych. Dzięki charakterystykom powierzchni unika się kłopotów związanych z dopasowywaniem par szkieł.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania płaskiego szkła, w którym warstwę stopionego szkła ustala się na powierzchni kąpielii stopionego metalu, przesuwa się szkło w postaci szklanej taśmy przez przyłożenie do taśmy siły ciągnącej, usuwając taśmę z kąpielii z prędkością zmniejszającą szerokość i grubość taśmy przy zwiększającej się prędkości przesuwania taśmy szklanej wzdłuż kąpielii i przykładania się do krawędzi taśmy siły regulujące szerokość taśmy, znamieny tym, że siły przykładają się do

krawędzi w kierunku na zewnątrz i wzdłuż przyspieszanej taśmy szkła, której grubość i szerokość ciągle się redukuje, oraz reguluje się wielkość i kierunek działania sił krawędziowych dla regulowania stopniowego i jednoczesnego zmniejszania się szerokości i grubości przesuwanej taśmy wzdłuż długości taśmy.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że siły krawędziowe przykłada się do taśmy szkła w miejscach usytuowanych w szeregu wzdłuż przyspieszanej taśmy szkła.

3. Sposób według zastrz. 2, **znamienny tym**, że siły krawędziowe przykłada się tylko do górnej powierzchni krawędzi taśmy.

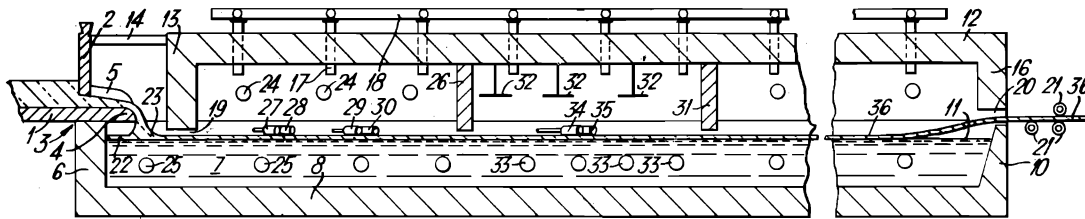


Fig. 1.

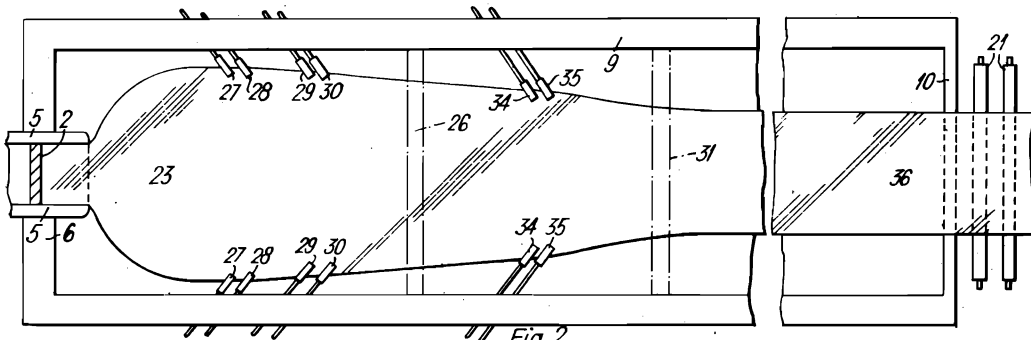


Fig. 2.

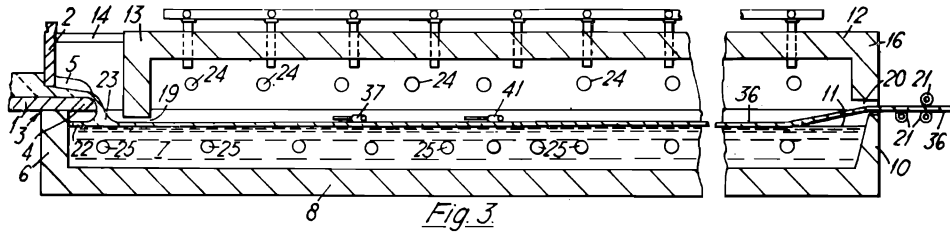


Fig. 3

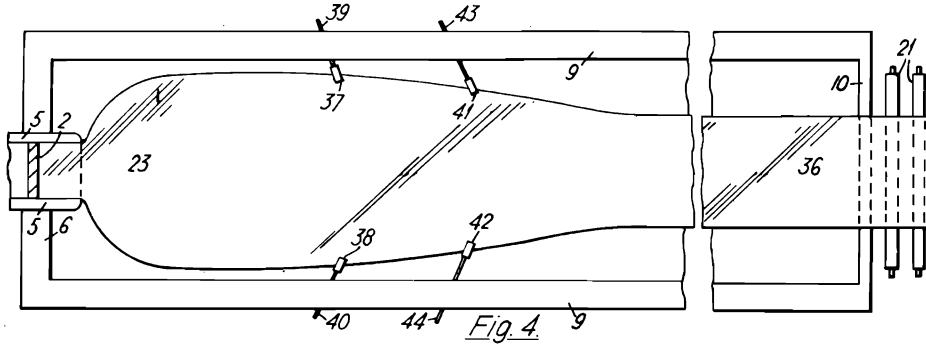


Fig. 4

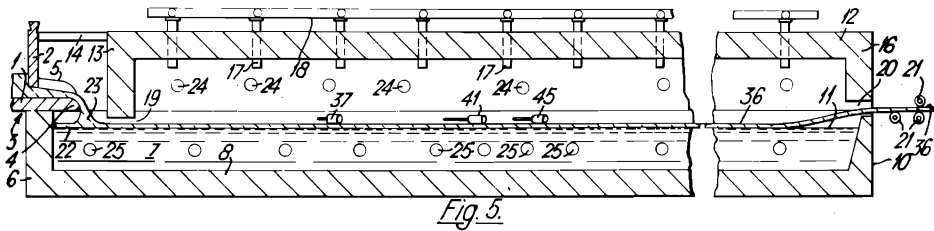


Fig. 5

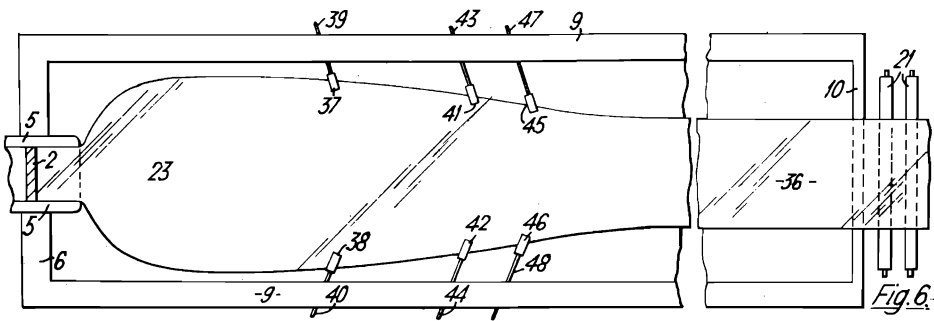


Fig. 6