

Czynniki wpływające na suszenie uwarunkowane przez suszarkę

1. Im lepiej przebiega wymiana ciepła na drodze konwekcji, kontaktu lub promieniowania, tym lepszy i bardziej racjonalny jest efekt suszenia.
2. Im większa jest różnica prężności pary wodnej między poddawanym suszeniu materiałem a prężnością pary wodnej w fazie gazowej, tym lepszy efekt suszenia.

Wybór optymalnej metody suszenia oraz najbardziej odpowiedniej suszarki zależy od właściwości suszonego materiału, zwłaszcza od jego stabilności, a także od docelowego stopnia wysuszenia oraz od rozważań natury ekonomicznej.

2.6.3. Suszarka komorowa i suszarka z półkami sitowymi

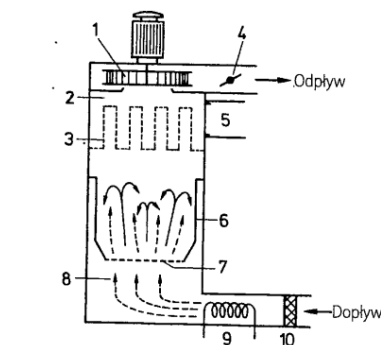
W celu wysuszenia substancji w komorze suszącej należy rozłożyć substancję równomiernie na sitach, w niezbyt grubych warstwach. Następnie tak przygotowane sita wsuwa się, umieszczając jedno na drugim, do wewnątrz komory suszącej. Dlatego też komory suszące noszą również nazwę suszarek z półkami sitowymi.

W suszarkach komorowych powietrze wdmuchiwane przez wentylator jest kierowane tak, aby przepływało równomiernie nad wszystkimi półkami-sitami. Termostatowany agregat grzejny nagrzewa powietrze do określonej temperatury. Ciepłe powietrze przenosi energię cieplną do suszonego materiału i powoduje ulatnianie się i odparowanie wilgoci. Jednocześnie zadaniem strumienia powietrza jest odbieranie odparowanej wody i odtransportowanie jej do odpowietrznika w kształcie komina. Dzięki regulowanym kłapom powietrznym można kontrolować ilość dopływającego i nagrzewanego powietrza, a także powietrza odpływającego i wypełnionej wilgocią.

W przypadku tego typu suszarki konwekcyjnej efekt suszenia zależy głównie od temperatury suszonego materiału. Tego typu suszarki stosuje się przeważnie do suszenia materiałów stabilnych ze względu na temperaturę.

2.6.4. Suszarka próżniowa

Konstrukcja suszarek próżniowych różni się od konstrukcji normalnych suszarek tym, że posiada



Ryc. 5.17. Suszarka ze złożem fluidalnym: 1 – wentylator, 2 – czujnik temperatury powietrza odpływającego, 3 – filtr powietrza odpływającego, 4 – kłapy powietrza odpływającego, 5 – zawór do wyrównywania ciśnienia (ochrona zewnętrzna), 6 – zbiornik suszący, 7 – półka sitowa, 8 – czujnik temperatury powietrza doprowadzanego, 9 – ogrzewanie, 10 – filtr powietrza doprowadzanego

stabilną, odporną na różnice ciśnień obudowę oraz hermetycznie zamykane drzwi. Za pomocą zaworu odsysającego można usunąć powietrze z komory. Z powodu niskiego ciśnienia powietrza w stanie próżni temperatura, w której następuje odparowanie obecnej w suszonym materiale wilgoci, jest znacząco niższa. Suszarki próżniowe nadają się zatem szczególnie dobrze do suszenia substancji o niewystarczającej do przeprowadzenia normalnego suszenia stabilności temperaturowej. Jeśli w procesie suszenia konieczne jest dostarczanie ciepła, w przypadku suszarek próżniowych odbywa się to zwykle przez kontakt z powierzchniami nośnymi suszarki, pełniącymi jednocześnie funkcję przenośników ciepła. Ponadto suszarki próżniowe pracują w zasadzie niezależnie od warunków klimatycznych, np. od wysokiej wilgotności w warunkach nawilżania i ciepłej klimatyzacji, ponieważ w przeciwieństwie do wielu innych typów suszarek, suszarki próżniowe nie wymagają do wykonania suszenia dużych ilości powietrza. Suszenie próżniowe można przeprowadzić nieco bardziej efektywnie, jeśli przy załączonej próżni przepuszcza się nad suszonym materiałem mniejsze ilości osuszonego wstępnie powietrza. Dzięki tego typu działaniom można znacznie obniżyć prężność pary wodnej nad suszonym materiałem. Powietrze

przepływające w komorze jest z reguły doprowadzane poprzez zawór doprowadzający, pełniący jednocześnie funkcję zaworu wyrównującego ciśnienie po zakończeniu suszenia, przed otwarciem drzwi komory.

W przypadku suszenia w warunkach wysokiej próżni należy również pamiętać, że przewodnictwo cieplne jest tym mniejsze, im wyższą próżnię uda się osiągnąć. W przypadku próżniowej suszarki rotacyjnej suszony materiał jest ciągle przemieszczany wewnątrz suszarki w wyniku ruchów rotacyjnych.

2.6.5. Suszarka ze złożem fluidalnym i warstwa fluidalna

Suszarka ze złożem fluidalnym (ryc. 5.17) składa się ze zbiornika suszącego posiadającego półki sitowe, na których znajduje się suszony materiał.

Powietrze suszące, które jest zasysane przez silny wentylator suszarki, w kierunku od dołu do góry, opływa cząstki suszonego materiału i po osiągnięciu określonej szybkości przepływu strumienia nabiera właściwości złoża fluidalnego. Przed przepłynięciem powietrza przez suszony materiał, poddawane jest ono filtracji i ogrzewa się je do określonej temperatury. Filtr odpływowy o dużej powierzchni, znajdujący się nad zbiornikiem suszącym, oddzielający cząstki stałe od powietrza suszącego, utrudnia ucieczkę suszonego materiału z wnętrza suszarki.

Zaletami suszarki z warstwą fluidalną są: szybki i wygodny przepływ ciepła i materii na drodze konwekcji i dyfuzji, umożliwiające osiągnięcie krótkich czasów suszenia.

Wadami tego typu suszarki są z kolei: konieczność użycia dużej ilości powietrza, które w większym stopniu jest czynnikiem powodującym ruch materiału niż suszenie. Przez suszarkę muszą zatem przepływać duże ilości powietrza, które pełni funkcję nośnika ciepła, odbiera wilgoć, zapewniając jednocześnie odpowiedni przepływ ciepła i materii.

Z tych właśnie powodów suszenie z zastosowaniem warstwy fluidalnej nie jest już stosowane – wiąże się ono ze zbyt dużymi nakładami energii oraz obciążeniem dla środowiska.

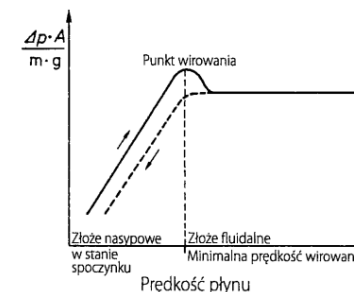
Gdy rozgrzane do wysokiej temperatury powietrze przepływa przez suszony materiał, ulega ono schłodzeniu w wyniku oddawania ciepła zużywanego na parowanie, po czym opuszcza urządzenie, zabierając ze sobą odparowaną wilgoć. Jak długo woda paruje z suszonego materiału, konieczne jest dostarczanie ciepła do układu, a temperatura złoża

fluidalnego oraz powietrza odpływającego z suszarki są niższe od temperatury nagrzewanego powietrza.

Temperatura suszonego materiału w warstwie fluidalnej zaczyna natychmiast rosnąć, gdy nie ma wody mogącej parować z suszonego materiału (ryc. 14.12). Wzrost temperatury materiału oznacza w tym przypadku koniec procesu suszenia. Można odpowiednio regulować ostateczną zawartość wody w materiale, susząc go do określonej temperatury końcowej.

Wygodniej jest regulować przebieg procesu suszenia bardziej przez kontrolę temperatury materiału w złożu fluidalnym niż powietrza odpływającego z suszarki. Ponieważ temperatura powietrza odpływającego z układu, biorąc pod uwagę czas i wielkość, rośnie wolniej od temperatury suszonego materiału, czujnik temperatury powietrza odpływającego z suszarki daje wartości temperatury znacznie różniące się od temperatury procesu suszenia w materiale. Ponadto w przypadku nieuszczelnienia aparatury temperatura powietrza odpływającego z suszarki będzie mieć wartości zafałszowane przez powietrze dopływające z zewnątrz. Kolejną możliwością sterowania przebiegiem procesu suszenia leży w obserwacji wskazań wilgotności powietrza odpływającego z suszarki. Wadą tej metody jest wszakże duża zawartość pyłu w powietrzu opuszczającym układ. Ponadto dokonywanie wszelkich ocen i szacunków przeprowadzonych za pomocą tej metody jest utrudnione z powodu słabej zależności tego typu pomiaru od temperatury.

Warstwy fluidalne. Warstwy nasypowe, czyli złoża stałe, przez które w kierunku od dołu do góry przepuszcza się gaz albo ciecz, początkowo rozluźniają się lub rozszerzają, gdy natężenie strumienia płynu wzrasta. Po przekroczeniu pewnej minimal-



Ryc. 5.18. Graficzna reprezentacja zależności spadku ciśnienia od prędkości cieczy poruszającej się w złożu fluidalnym

Czynniki wpływające na suszenie uwarunkowane przez suszarkę

1. Im lepiej przebiega wymiana ciepła na drodze konwekcji, kontaktu lub promieniowania, tym lepszy i bardziej racjonalny jest efekt suszenia.
2. Im większa jest różnica prężności pary wodnej między poddawanym suszeniu materiałem a prężnością pary wodnej w fazie gazowej, tym lepszy efekt suszenia.

Wybór optymalnej metody suszenia oraz najbardziej odpowiedniej suszarki zależy od właściwości suszonego materiału, zwłaszcza od jego stabilności, a także od docelowego stopnia wysuszenia oraz od rozważań natury ekonomicznej.

2.6.3. Suszarka komorowa i suszarka z półkami sitowymi

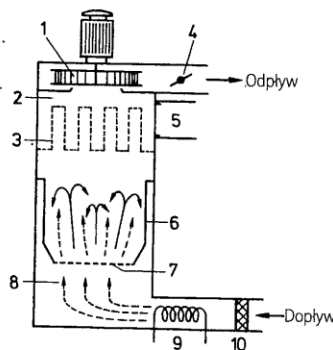
W celu wysuszenia substancji w komorze suszącej należy rozłożyć substancję równomiernie na siatach, w niezbyt grubych warstwach. Następnie tak przygotowane siata wsuwa się, umieszczając jedno na drugim, do wewnątrz komory suszącej. Dlatego też komory suszące noszą również nazwę suszarek z półkami sitowymi.

W suszarkach komorowych powietrze wdmuchiwane przez wentylator jest kierowane tak, aby przepływało równomiernie nad wszystkimi półkami-sitami. Termostatowany agregat grzejny nagrzewa powietrze do określonej temperatury. Ciepłe powietrze przenosi energię cieplną do suszonego materiału i powoduje ulatnianie się i odparowanie wilgoci. Jednocześnie zadaniem strumienia powietrza jest odbieranie odparowanej wody i odtransportowanie jej do odpowietrznika w kształcie komina. Dzięki regulowanym kłapom powietrznym można kontrolować ilość dopływającego i nagrzewanego powietrza, a także powietrza odpływającego i wypełnionego wilgocią.

W przypadku tego typu suszarki konwekcyjnej efekt suszenia zależy głównie od temperatury suszonego materiału. Tego typu suszarki stosuje się przede wszystkim do suszenia materiałów stabilnych ze względu na temperaturę.

2.6.4. Suszarka próżniowa

Konstrukcja suszarek próżniowych różni się od konstrukcji normalnych suszarek tym, że posiada



Ryc. 5.17. Suszarka ze złożem fluidalnym: 1 – wentylator, 2 – czujnik temperatury powietrza odpływającego, 3 – filtr powietrza odpływającego, 4 – kłapy powietrza odpływającego, 5 – zawór do wyrównywania ciśnień (ochrona zewnętrzna), 6 – zbiornik suszący, 7 – półka sitowa, 8 – czujnik temperatury powietrza doprowadzanego, 9 – ogrzewanie, 10 – filtr powietrza doprowadzanego

stabilną, odporną na różnice ciśnień obudowę oraz hermetycznie zamykane drzwi. Za pomocą zaworu odsysającego można usunąć powietrze z komory. Z powodu niskiego ciśnienia powietrza w stanie próżni temperatura, w której następuje odparowanie obecnej w suszonym materiale wilgoci, jest znacząco niższa. Suszarki próżniowe nadają się zatem szczególnie dobrze do suszenia substancji o niewystarczającej do przeprowadzenia normalnego suszenia stabilności temperaturowej. Jeśli w procesie suszenia konieczne jest dostarczenie ciepła, w przypadku suszarek próżniowych odbywa się to zwykle przez kontakt z powierzchniami nośnymi suszarki, pełniącymi jednocześnie funkcję przenośników ciepła. Ponadto suszarki próżniowe pracują w zasadzie niezależnie od warunków klimatycznych, np. od wysokiej wilgotności w warunkach nawilżania i ciepłej klimatyzacji, ponieważ w przeciwieństwie do wielu innych typów suszarek, suszarki próżniowe nie wymagają do wykonania suszenia dużych ilości powietrza. Suszenie próżniowe można przeprowadzić nieco bardziej efektywnie, jeśli przy założonej próżni przepuszcza się nad suszonym materiałem mniejsze ilości osuszonego wstępnie powietrza. Dzięki tego typu działaniom można znacznie obniżyć prężność pary wodnej nad suszonym materiałem. Powietrze

przepływające w komorze jest z reguły doprowadzane poprzez zawór doprowadzający, pełniący jednocześnie funkcję zaworu wyrównującego ciśnienie po zakończeniu suszenia, przed otwarciem drzwi komory.

W przypadku suszenia w warunkach wysokiej próżni należy również pamiętać, że przewodnictwo cieplne jest tym mniejsze, im wyższą próżnię uda się osiągnąć. W przypadku próżniowej suszarki rotacyjnej suszony materiał jest ciągle przemieszczany wewnątrz suszarki w wyniku ruchów rotacyjnych.

2.6.5. Suszarka ze złożem fluidalnym i warstwa fluidalna

Suszarka ze złożem fluidalnym (ryc. 5.17) składa się ze zbiornika suszącego posiadającego półki sitowe, na których znajduje się suszony materiał.

Powietrze suszące, które jest zasysane przez silny wentylator suszarki, w kierunku od dołu do góry, opływa cząstką suszonego materiału i po osiągnięciu określonej szybkości przepływu strumienia nabiera właściwości złoża fluidalnego. Przed przepłynięciem powietrza przez suszony materiał, poddawane jest ono filtracji i ogrzewa się je do określonej temperatury. Filtr odpływowy o dużej powierzchni, znajdujący się nad zbiornikiem suszącym, oddzielający cząstki stałe od powietrza suszącego, utrudnia ucieczkę suszonego materiału z wnętrza suszarki.

Zaletami suszarki z warstwą fluidalną są: szybkość i wygodny przepływ ciepła i materii na drodze konwekcji i dyfuzji, umożliwiający osiągnięcie krótkich czasów suszenia.

Wadami tego typu suszarki są z kolei: konieczność użycia dużych ilości powietrza, które w większym stopniu jest czynnikiem powodującym ruch materiału niż suszenie. Przez suszarkę muszą zatem przepływać duże ilości powietrza, które pełni funkcję nośnika ciepła, odbiera wilgoć, zapewniając jednocześnie odpowiedni przepływ ciepła i materii.

Z tych właśnie powodów suszenie z zastosowaniem warstwy fluidalnej nie jest już stosowane – wiąże się ono ze zbyt dużymi nakładami energii oraz obciążeniem dla środowiska.

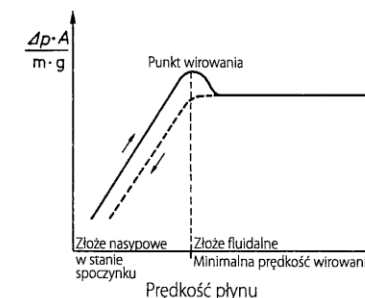
Gdy rozgrzane do wysokiej temperatury powietrze przepływa przez suszony materiał, ulega ono ochłodzeniu w wyniku oddawania ciepła używanego na parowanie, po czym opuszcza urządzenie, zabierając ze sobą odparowaną wilgoć. Jak długo woda paruje z suszonego materiału, konieczne jest dostarczenie ciepła do układu, a temperatura złoża

fluidalnego oraz powietrza odpływającego z suszarki są niższe od temperatury nagrzewanego powietrza.

Temperatura suszonego materiału w warstwie fluidalnej zaczyna natychmiast rosnąć, gdy nie ma wody mogącej parować z suszonego materiału (ryc. 14.12). Wzrost temperatury materiału oznacza w tym przypadku koniec procesu suszenia. Można odpowiednio regulować ostateczną zawartość wody w materiale, susząc go do określonej temperatury końcowej.

Wygodniej jest regulować przebieg procesu suszenia bardziej przez kontrolę temperatury materiału w złożu fluidalnym niż powietrza odpływającego z suszarki. Ponieważ temperatura powietrza odpływającego z układu, biorąc pod uwagę czas i wielkość, rośnie wolniej od temperatury suszonego materiału, czujnik temperatury powietrza odpływającego z suszarki daje wartości temperatury znacznie różniące się od temperatury procesu suszenia w materiale. Ponadto w przypadku nieuszczelnienia aparatury temperatura powietrza odpływającego z suszarki będzie mieć wartości zafałszowane przez powietrze dopływające z zewnątrz. Kolejną możliwością sterowania przebiegiem procesu suszenia leży w obserwacji wskazań wilgotności powietrza odpływającego z suszarki. Wadą tej metody jest wszakże duża zawartość pyłu w powietrzu opuszczającym układ. Ponadto dokonywanie wszelkich ocen i szacunków przeprowadzonych z pomocą tej metody jest utrudnione z powodu słabej zależności tego typu pomiaru od temperatury.

Warstwy fluidalne. Warstwy nasypowe, czyli złoża stałe, przez które w kierunku od dołu do góry przepuszcza się gaz albo ciecz, początkowo rozluźniają się lub rozszerzają, gdy natężenie strumienia płynu wzrasta. Po przekroczeniu pewnej minimal-



Ryc. 5.18. Graficzna reprezentacja zależności spadku ciśnienia od prędkości cieczy poruszającej się w złożu fluidalnym

Czynniki wpływające na suszenie uwarunkowane przez suszarkę

1. Im lepiej przebiega wymiana ciepła na drodze konwekcji, kontaktu lub promieniowania, tym lepszy i bardziej racjonalny jest efekt suszenia.
2. Im większa jest różnica prężności pary wodnej między poddawanym suszeniu materiałem a prężnością pary wodnej w fazie gazowej, tym lepszy efekt suszenia.

Wybór optymalnej metody suszenia oraz najbardziej odpowiedniej suszarki zależy od właściwości suszonego materiału, zwłaszcza od jego stabilności, a także od docelowego stopnia wysuszenia oraz od rozważań natury ekonomicznej.

2.6.3. Suszarka komorowa i suszarka z półkami sitowymi

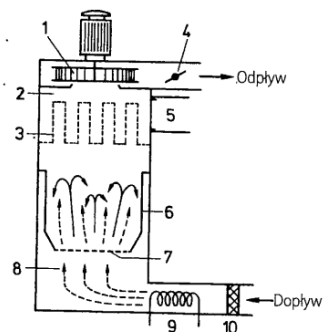
W celu wysuszenia substancji w komorze suszącej należy rozłożyć substancję równomiernie na sitach, w niezbyt grubych warstwach. Następnie tak przygotowane sita wsuwa się, umieszczając jedno na drugim, do wnętrza komory suszącej. Dlatego też komory suszące noszą również nazwę suszarek z półkami sitowymi.

W suszarkach komorowych powietrze wdmuchiwane przez wentylator jest kierowane tak, aby przepływało równomiernie nad wszystkimi półkami-sitami. Termostatowany agregat grzejny nagrzewa powietrze do określonej temperatury. Ciepłe powietrze przenosi energię cieplną do suszonego materiału i powoduje ulatnianie się i odparowanie wilgoci. Jednocześnie zadaniem strumienia powietrza jest odbieranie odparowanej wody i odtransportowanie jej do odpowietrznika w kształcie kominu. Dzięki regulowanym kłapom powietrznym można kontrolować ilość dopływającego i nagrzewanego powietrza, a także powietrza odpływającego i wypełnionego wilgocią.

W przypadku tego typu suszarki konwekcyjnej efekt suszenia zależy głównie od temperatury suszonego materiału. Tego typu suszarki stosuje się przede wszystkim do suszenia materiałów stabilnych ze względu na temperaturę.

2.6.4. Suszarka próżniowa

Konstrukcja suszarek próżniowych różni się od konstrukcji normalnych suszarek tym, że posiada



Ryc. 5.17. Suszarka ze złożem fluidalnym: 1 – wentylator, 2 – czujnik temperatury powietrza odpływającego, 3 – filtr powietrza odpływającego, 4 – kłapy powietrza odpływającego, 5 – zawór do wyrównywania ciśnień (ochrona zewnętrzna), 6 – zbiornik suszący, 7 – półka sitowa, 8 – czujnik temperatury powietrza doprowadzanego, 9 – ogrzewanie, 10 – filtr powietrza doprowadzanego

stabilną, odporną na różnice ciśnień obudowę oraz hermetycznie zamykane drzwi. Za pomocą zaworu odsysającego można usunąć powietrze z komory. Z powodu niskiego ciśnienia powietrza w stanie próżni temperatura, w której następuje odparowanie obecnej w suszonym materiale wilgoci, jest znacząco niższa. Suszarki próżniowe nadają się zatem szczególnie dobrze do suszenia substancji o niewystarczającej do przeprowadzenia normalnego suszenia stabilności temperaturowej. Jeśli w procesie suszenia konieczne jest dostarczenie ciepła, w przypadku suszarek próżniowych odbywa się to zwykle przez kontakt z powierzchniami nośnymi suszarki, pełniącymi jednocześnie funkcję przenośników ciepła. Ponadto suszarki próżniowe pracują w zasadzie niezależnie od warunków klimatycznych, np. od wysokiej wilgotności w warunkach nawilżania i ciepłej klimatyzacji, ponieważ w przeciwieństwie do wielu innych typów suszarek, suszarki próżniowe nie wymagają do wykonania suszenia dużych ilości powietrza. Suszenie próżniowe można przeprowadzić nieco bardziej efektywnie, jeśli przy założonej próżni przepuszcza się nad suszonym materiałem mniejsze ilości osuszonego wstępnie powietrza. Dzięki tego typu działaniom można znacznie obniżyć prężność pary wodnej nad suszonym materiałem. Powietrze

przepływające w komorze jest z reguły doprowadzane poprzez zawór doprowadzający, pełniący jednocześnie funkcję zaworu wyrównującego ciśnienie po zakończeniu suszenia, przed otwarciem drzwi komory.

W przypadku suszenia w warunkach wysokiej próżni należy również pamiętać, że przewodnictwo cieplne jest tym mniejsze, im wyższą próżnię uda się osiągnąć. W przypadku próżniowej suszarki rotacyjnej suszony materiał jest ciągle przemieszczany wewnątrz suszarki w wyniku ruchów rotacyjnych.

2.6.5. Suszarka ze złożem fluidalnym i warstwą fluidalną

Suszarka ze złożem fluidalnym (ryc. 5.17) składa się ze zbiornika suszącego posiadającego półki sitowe, na których znajduje się suszony materiał.

Powietrze suszące, które jest zasysane przez silny wentylator suszarki, w kierunku od dołu do góry, opływając cząstki suszonego materiału i po osiągnięciu określonej szybkości przepływu strumienia nabiera właściwości złoża fluidalnego. Przed przepłynięciem powietrza przez suszony materiał, poddawane jest ono filtracji i ogrzewa się je do określonej temperatury. Filtr odpływowy o dużej powierzchni, znajdujący się nad zbiornikiem suszącym, oddzielający cząstki stałe od powietrza suszącego, utrudnia ucieczkę suszonego materiału z wnętrza suszarki.

Zaletami suszarki z warstwą fluidalną są: szybkość i wygodny przepływ ciepła i materii na drodze konwekcji i dyfuzji, umożliwiającą osiągnięcie krótkich czasów suszenia.

Wadami tego typu suszarki są z kolei: konieczność użycia dużych ilości powietrza, które w większym stopniu jest czynnikiem powodującym ruch materiału niż suszenie. Przez suszarkę muszą zatem przepływać duże ilości powietrza, które pełni funkcję nośnika ciepła, odbiera wilgoć, zapewniając jednocześnie odpowiedni przepływ ciepła i materii.

Z tych właśnie powodów suszenie w zastosowaniu warstwy fluidalnej nie jest już stosowane – wiąże się ono ze zbyt dużymi nakładami energii oraz obciążeniem dla środowiska.

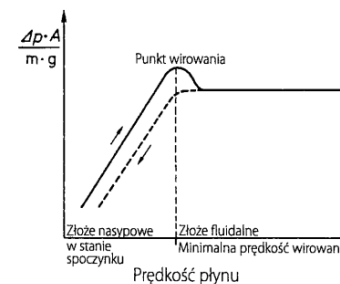
Gdy rozgrzane do wysokiej temperatury powietrze przepływa przez suszony materiał, ulega ono schłodzeniu w wyniku oddawania ciepła zużywanego na parowanie, po czym opuszcza urządzenie, zabierając ze sobą odparowaną wilgoć. Jak długo woda paruje z suszonego materiału, konieczne jest dostarczanie ciepła do układu, a temperatura złoża

fluidalnego oraz powietrza odpływającego z suszarki są niższe od temperatury nagrzewanego powietrza.

Temperatura suszonego materiału w warstwie fluidalnej zaczyna natychmiast rosnąć, gdy nie ma wody mogącej parować z suszonego materiału (ryc. 14.12). Wzrost temperatury materiału oznacza w tym przypadku koniec procesu suszenia. Można odpowiednio regulować ostateczną zawartość wody w materiale, susząc go do określonej temperatury końcowej.

Wygodniej jest regulować przebieg procesu suszenia bardziej przez kontrolę temperatury materiału w złożu fluidalnym niż powietrza odpływającego z suszarki. Ponieważ temperatura powietrza odpływającego z układu, biorąc pod uwagę czas i wielkość, rośnie wolniej od temperatury suszonego materiału, czujnik temperatury powietrza odpływającego z suszarki daje wartości temperatury suszenia znacznie różniące się od temperatury procesu suszenia w materiale. Ponadto w przypadku nieszczelności aparatury temperatura powietrza odpływającego z suszarki będzie mieć wartości zafałszowane przez powietrze dopływające z zewnątrz. Kolejną możliwością sterowania przebiegiem procesu suszenia leży w obserwacji wskazań wilgotności powietrza odpływającego z suszarki. Wadą tej metody jest wszakże duża zawartość pyłu w powietrzu opuszczającym układ. Ponadto dokonywanie wszelkich ocen i szacunków przeprowadzonych za pomocą tej metody jest utrudnione do powodu słabej zależności tego typu pomiaru od temperatury.

Warstwy fluidalne. Warstwy nasypowe, czyli złoża stałe, przez które w kierunku od dołu do góry przepuszcza się gaz albo ciecz, początkowo rozluźniają się lub rozszerzają, gdy natężenie strumienia płynu wzrasta. Po przekroczeniu pewnej minimal-



Ryc. 5.18. Graficzna reprezentacja zależności spadku ciśnienia od prędkości cieczy poruszającej się w złożu fluidalnym

Czynniki wpływające na suszenie uwarunkowane przez suszarkę

1. Im lepiej przebiega wymiana ciepła na drodze konwekcji, kontaktu lub promieniowania, tym lepszy i bardziej racjonalny jest efekt suszenia.
2. Im większa jest różnica prężności pary wodnej między poddawanym suszeniu materiałem a prężnością pary wodnej w fazie gazowej, tym lepszy efekt suszenia.

Wybór optymalnej metody suszenia oraz najbardziej odpowiedniej suszarki zależy od właściwości suszonego materiału, zwłaszcza od jego stabilności, a także od docelowego stopnia wysuszenia oraz od rozważań natury ekonomicznej.

2.6.3. Suszarka komorowa i suszarka z półkami sitowymi

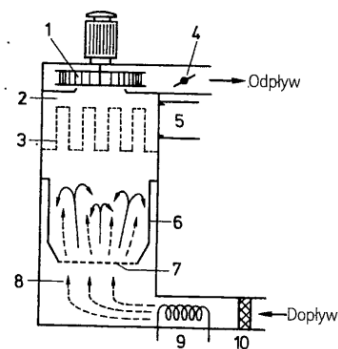
W celu wysuszenia substancji w komorze suszącej należy rozłożyć substancję równomiernie na sitach, w niezbyt grubych warstwach. Następnie tak przygotowane sита wsuwa się, umieszczając jedno na drugim, do wewnątrz komory suszącej. Dlatego też komory suszące noszą również nazwę suszarek z półkami sitowymi.

W suszarkach komorowych powietrze wdmuchiwane przez wentylator jest kierowane tak, aby przepływało równomiernie nad wszystkimi półkami-sitami. Termostatowany agregat grzewczy nagrzewa powietrze do określonej temperatury. Ciepłe powietrze przenosi energię cieplną do suszonego materiału i powoduje ulatnianie się i odparowanie wilgoci. Jednocześnie zadaniem strumienia powietrza jest odbieranie odparowanej wody i odtransportowanie jej do odpowietrznika w kształcie komina. Dzięki regulowanym kłapom powietrznym można kontrolować ilość dopływającego i nagrzewanego powietrza, a także powietrza odpływającego i wypełnionego wilgocią.

W przypadku tego typu suszarki konwekcyjnej efekt suszenia zależy głównie od temperatury suszonego materiału. Tego typu suszarki stosuje się przede wszystkim do suszenia materiałów stabilnych ze względu na temperaturę.

2.6.4. Suszarka próżniowa

Konstrukcja suszarek próżniowych różni się od konstrukcji normalnych suszarek tym, że posiada



Ryc. 5.17. Suszarka ze złożem fluidalnym: 1 – wentylator, 2 – czujnik temperatury powietrza odpływającego, 3 – filtr powietrza odpływającego, 4 – klapy powietrza odpływającego, 5 – zawór do wyrównywania ciśnienia (ochrona zewnętrzna), 6 – zbiornik suszący, 7 – półka sitowa, 8 – czujnik temperatury powietrza doprowadzanego, 9 – ogrzewanie, 10 – filtr powietrza doprowadzanego

stabilną, odporną na różnice ciśnień obudowę oraz hermetycznie zamykane drzwi. Za pomocą zaworu odsysającego można usunąć powietrze z komory. Z powodu niskiego ciśnienia powietrza w stanie próżni temperatura, w której następuje odparowanie obecnej w suszonym materiale wilgoci, jest znacząco niższa. Suszarki próżniowe nadają się zatem szczególnie dobrze do suszenia substancji o niewystarczającej do przeprowadzenia normalnego suszenia stabilności temperaturowej. Jeśli w procesie suszenia konieczne jest dostarczanie ciepła, w przypadku suszarek próżniowych odbywa się to zwykle przez kontakt z powierzchniami nośnymi suszarki, pełniącymi jednocześnie funkcję przenośników ciepła. Ponadto suszarki próżniowe pracują w zasadzie niezależnie od warunków klimatycznych, np. od wysokiej wilgotności w warunkach nawilżania i ciepłej klimatyzacji, ponieważ w przeciwieństwie do wielu innych typów suszarek, suszarki próżniowe nie wymagają do wykonania suszenia dużych ilości powietrza. Suszenie próżniowe można przeprowadzić nieco bardziej efektywnie, jeśli przy założonej próżni przepuszcza się nad suszonym materiałem mniejsze ilości osuszonego wstępnie powietrza. Dzięki tego typu działaniom można znacznie obniżyć prężność pary wodnej nad suszonym materiałem. Powietrze

przepływające w komorze jest z reguły doprowadzane poprzez zawór doprowadzający, pełniący jednocześnie funkcję zaworu wyrównującego ciśnienie po zakończeniu suszenia, przed otwarciem drzwi komory.

W przypadku suszenia w warunkach wysokiej próżni należy również pamiętać, że przewodnictwo cieplne jest tym mniejsze, im wyższą próżnię uda się osiągnąć. W przypadku próżniowej suszarki rotacyjnej suszony materiał jest ciągle przemieszczany wewnątrz suszarki w wyniku ruchów rotacyjnych.

2.6.5. Suszarka ze złożem fluidalnym i warstwą fluidalną

Suszarka ze złożem fluidalnym (ryc. 5.17) składa się ze zbiornika suszącego posiadającego półki sitowe, na których znajduje się suszony materiał.

Powietrze suszące, które jest zasysane przez silny wentylator suszarki, w kierunku od dołu do góry, opływa cząstkami suszonego materiału i po osiągnięciu określonej szybkości przepływu strumienia nabiera właściwości złoża fluidalnego. Przed przepłynięciem powietrza przez suszony materiał, poddawane jest ono filtracji i ogrzewa się je do określonej temperatury. Filtr odpływowy o dużej powierzchni, znajdujący się nad zbiornikiem suszącym, oddzielający cząstki stałe od powietrza suszącego, utrudnia ucieczkę suszonego materiału z wnętrza suszarki.

Zaletami suszarki z warstwą fluidalną są: szybki i wygodny przepływ ciepła i materii na drodze konwekcji i dyfuzji, umożliwiający osiągnięcie krótkich czasów suszenia.

Wadami tego typu suszarki są z kolei: konieczność użycia dużych ilości powietrza, które w większym stopniu jest czynnikiem powodującym ruch materiału niż suszenie. Przez suszarkę muszą zatem przepływać duże ilości powietrza, które pełni funkcję nośnika ciepła, odbiera wilgoć, zapewniając jednocześnie odpowiedni przepływ ciepła i materii.

Z tych właśnie powodów suszenie z zastosowaniem warstwy fluidalnej nie jest już stosowane – wiąże się ono ze zbyt dużymi nakładami energii oraz obciążeniem dla środowiska.

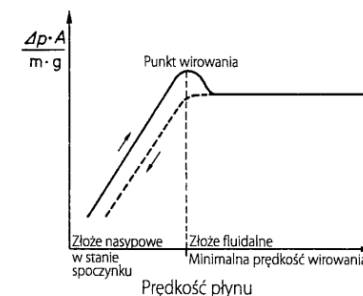
Gdy rozgrzane do wysokiej temperatury powietrze przepływa przez suszony materiał, ulega ono schłodzeniu w wyniku oddawania ciepła związanego na parowanie, po czym opuszcza urządzenie, zabierając ze sobą odparowaną wilgoć. Jak długo woda paruje z suszonego materiału, konieczne jest dostarczanie ciepła do układu, a temperatura złoża

fluidalnego oraz powietrza odpływającego z suszarki są niższe od temperatury nagrzewanego powietrza.

Temperatura suszonego materiału w warstwie fluidalnej zaczyna natychmiast rosnąć, gdy nie ma wody mogącej parować z suszonego materiału (ryc. 14.12). Wzrost temperatury materiału oznacza w tym przypadku koniec procesu suszenia. Można odpowiednio regulować ostateczną zawartość wody w materiale, susząc go do określonej temperatury końcowej.

Wygodniej jest regulować przebieg procesu suszenia bardziej przez kontrolę temperatury materiału w złożu fluidalnym niż powietrza odpływającego z suszarki. Ponieważ temperatura powietrza odpływającego z układu, biorąc pod uwagę czas i wielkość, rośnie wolniej od temperatury suszonego materiału, czujnik temperatury powietrza odpływającego z suszarki daje wartości temperatury znacznie różniące się od temperatury procesu suszenia w materiale. Ponadto w przypadku nieszczelności aparatury temperatura powietrza odpływającego z suszarki będzie mieć wartości zafałszowane przez powietrze dopływające z zewnątrz. Kolejną możliwością sterowania przebiegiem procesu suszenia leży w obserwacji wskazań wilgotności powietrza odpływającego z suszarki. Wadą tej metody jest wszakże duża zawartość pyłu w powietrzu opuszczającym układ. Ponadto dokonywanie wszelkich ocen i szacunków przeprowadzonych za pomocą tej metody jest utrudnione z powodu słabej zależności tego typu pomiaru od temperatury.

Warstwy fluidalne. Warstwy nasypowe, czyli złoża stałe, przez które w kierunku od dołu do góry przepuszcza się gaz albo ciecz, początkowo rozluźniają się lub rozszerzają, gdy natężenie strumienia płynu wzrasta. Po przekroczeniu pewnej minimal-



Ryc. 5.18. Graficzna reprezentacja zależności spadku ciśnienia od prędkości cieczy poruszającej się w złożu fluidalnym