



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

222658

(11) (B2)

(51) Int. Cl.³
B 07 B 9/00

- (22) Přihlášeno 25 09 79
(21) (PV 6475-79)
(32) (31)(33) Právo přednosti od 28 09 78
(P 28 42 259.5)
Německá spolková republika
(40) Zveřejněno 31 07 81
(45) Vydáno 15 09 85

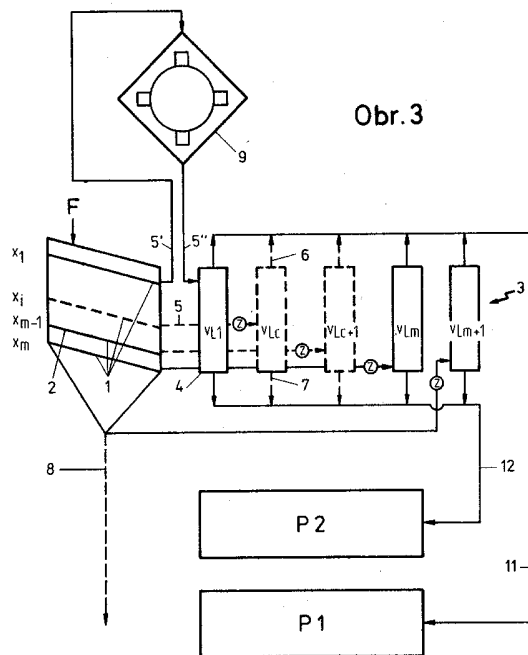
(72) (73)

Autor vynálezu
a současně
majitel patentu

LESCHONSKI KURT prof. dr.-ing., CLAUSTHAL-ZELLERFELD,
RÖTHELE STEPHAN dipl.-ing., CLAUSTHAL-ZELLERFELD (NSR)

(54) Způsob suchého třídění zrnitých směsí dvou nebo více polydisperzních složek a zařízení pro provádění tohoto způsobu

Vynález se vztahuje na třídění zrnité směsi s počtem p vytřídovaných polydisperzních pevných složek ($p \geq 2$) rozdílné hustoty a/nebo tvaru a s alespoň částečně se překrývajícím rozsahy parametrů částic, kterými jsou velikost zrna a rychlost klesání částic, přičemž přiváděná dvou- nebo vícesložková výchozí směs je podrobena dělení na jednotlivé třídy a frakce. Vyznačuje se tím, že přiváděná směs se v prvním stupni za sucha dělí na po sobě následující tak úzké třídy částic z hlediska jejich prvního parametru, že frakce částic každé vytřídované složky z hlediska jejich druhého parametru, rozhodujícího pro následující další třídění, jsou v nich obsaženy vždy odděleně od frakcí druhých složek, nebo se s nimi jen nepatrně překrývají, načež se ve druhém třídícím stupni z každé třídy z hlediska prvního parametru částic vytřídí každá složka řadou po sobě následujících dalších suchých třídících pochodů, pro něž je rozhodující druhý parametr částic, a to při dělicích mezích, které odpovídají oběma mezím druhého parametru částic každé frakce, obsahující částice vytřídované složky.



Obr. 3

Vynález se týká způsobu a zařízení pro suché třídění zrnitých směsí s počtem p zrnitých polydisperzních složek, které se mají vytřídit a jejichž částice mají rozdílnou hustotu a /nebo tvar a tak široká rozdělení velikosti zrn a rychlosti poklesu, že se alespoň zčásti překrývají. Tříděním směsí na její složky anebo pro vytřídění určitých složek se tyto složky mají získávat jako čisté nebo v dostatečně obohacené formě.

Dosud používané způsoby pro vytřídování cennějších složek, vhodných pro další zpracování, ze směsí dvou nebo více složek, se dají rozdělit na mokré a suché způsoby.

Mokré způsoby se nedají provést u mnohých směsí proto, že jejich složky nemají přijít do styku s tekutinami. Tam, kde jsou tyto způsoby použitelné, není zpravidla možné použít jako kapaliny pro oddělování čisté vody, čímž se provádění způsobu zdražuje a stává se nebezpečným, pokud se používá vysoce toxických roztoků anebo suspenzí. Tyto způsoby jsou nežádoucí také z ekologických důvodů, neboť nevyhnutelná úprava kapalin používaných k dělení s sebou vždy přináší problémy odpadu. Tyto způsoby mají kromě toho s ohledem na další zpracování čistých nebo obohacených složek často ten nedostatek, že oddělené složky je nutno s velkými nároky na spotřebu energie sušit.

Z tohoto důvodu je potřeba provádět třídění zrnitých směsí suchými způsoby značná. Známé suché způsoby třídění však všeobecně neposkytují uspokojivou produktivitu při dobré ostrosti dělení a vysokých výtěžcích vytřídovaných složek. Totéž platí pro manuální i strojní postupy. Tříděním vyvinutým v obilném mlýnářství, spočívajícím v drcení a prosévání na takzvaných rovinných třídících a reformách, kterými lze odsát lehké nečistoty, se dosáhne uspokojivého třídění na složky jen tehdy, jsou-li tyto složky v přiváděné směsi v zásadě monodisperzní a pokud se jejich rozložení zrnitosti navzájem nepřekrývají, nebo se překrývají pouze nepatrně. Toto třídění selhává, jsou-li složky směsí polydisperzní a mají-li navzájem se překrývající rozložení zrnitosti nebo neliší-li se od sebe podstatně pokud jde o hustotu nebo tvar.

Vynález si klade za úkol vytvořit způsob třídění zrnité směsí s počtem p pevných složek, které se mají vytřídit a jejichž částice se liší svou hustotou a /nebo tvarem a mají navzájem se překrývající rozložení zrnitosti a rychlosti klesání, za sucha na jednotlivé složky tak, že se tyto složky získají čisté nebo silně obohacené, tj. pouze s malým podílem ostatních složek. Výtěžek vytřídovaných složek má být vysoký. Tím má být umožněno, aby složky mohly být odváděny k novému nebo dalšímu zpracování nebo ke zpětnému využití jako sekundární surovina. Zařízení pro provádění tohoto způsobu má být investičně nenáročné a provozně hospodárné.

Tohoto cíle je dosaženo podle vynálezu způsobem třídění, při kterém se má z výchozí směsí získávat p vytřídovaných složek, jehož podstatou je, že se podle vynálezu výchozí směs za sucha v prvním stupni dělí na po sobě následující tak úzké třídy částic z hlediska jejich prvního parametru, že frakce částic každé vytřídované složky z hlediska jejich druhého parametru, rozhodujícího pro následující další třídění, jsou v nich obsaženy vždy odděleně od frakcí druhých složek, nebo se s nimi jen nepatrně překrývají, načež se ve druhém stupni z každé třídy z hlediska prvního parametru částic vytřídí každá složka řadou po sobě následujících dalších suchých třídících pochodů, pro něž je rozhodující druhý parametr částic, a to při dělicích mezích, které odpovídají oběma mezím druhého parametru částic každé frakce, obsahující částice vytřídované složky.

Uskutečnění tohoto způsobu se daří obzvláště dobře ve dvou provedeních, z nichž výhodné je zejména první provedení.

Podle prvního provedení způsobu podle vynálezu se v prvním stupni výchozí směs dělí proséváním na po sobě následující třídy zrnitosti, v nichž jsou frakce každé vytřídované složky z hlediska rychlosti klesání obsaženy od sebe odděleně, nebo se v nich jen nepatrně překrývají, načež se ve druhém stupni z každé třídy zrnitosti získávají jednotlivé vytři-

řazené složky dělením každé třídy na frakce řadou po sobě následujících pneumatických třídících pochodů při rychlostech třídícího vzduchu, při nichž jsou alespoň v převažující míře oddělovány vždy jednak částice o nejvyšší rychlosti klesání a jednak částice o nejnižší rychlosti klesání z ještě získatelných částic frakce příslušné vytřídované složky.

Při tomto provedení způsobu podle vynálezu se tak výchozí směs v prvním stupni nejprve dělí proséváním na jednotlivé třídy podle velikosti zrn, a ve druhém stupni se vytřídované složky oddělují od sebe postupně za sebou pneumatickým tříděním získaných tříd, a to podle rychlosti klesání částic.

Druhé provedení způsobu podle vynálezu naproti tomu spočívá v tom, že se v prvním stupni výchozí směs dělí pneumatickým tříděním do po sobě následujících tříd z hlediska rychlosti klesání částic, v nichž jsou obsaženy frakce jednotlivých vytřídovaných složek z hlediska velikosti zrna odděleně nebo se navzájem jen nepatrně překrývají, načež se ve druhém stupni ze tříd dle rychlosti klesání částic po jejich odloučení od třídícího vzduchu každá vytřídovaná složka alespoň v převažující míře odděluje řadou po sobě následujících prosévání každé této třídy po frakcích při velikostech síta, při nichž se alespoň v převažující míře oddělují jednak nejhrubší a jednak nejjemnější z ještě získatelných částic frakce příslušné složky. Výchozí směs se tedy v prvním stupni dělí na třídy podle rychlosti klesání pneumatickou cestou a ve druhém stupni se vytřídované složky podle zrnitosti oddělují proséváním z každé třídy podle rychlosti klesání.

Výše uvedené pojmy byly použity s následujícími významy:

Vytřídování je dělení zrnité směsi, sestávající z nejméně dvou různých složek s odlišným materiálovým složením na čisté nebo silně obohacené jednotlivé složky, jako například dělení směsi sestávající z měděných a hliníkových částic na měďnou složku a hliníkovou složku.

Dělení na třídy znamená proti tomu rozdělení zrnité směsi na skupiny s odlišným parametrem jeho částic. Pod pojmem parametr částic se přitom rozumí charakteristická vlastnost posuzovaná z určitého hlediska.

Jedním parametrem částic je jejich velikost zrna na sítu, tj. velikost oka síta, kterým částice při prosévání může ještě propadnout. Jiným parametrem částic je jejich rychlost klesání v určitém proudícím prostředí, například vzduchu, vodě nebo v oleji. Rychlost klesání udávaná v tomto popise se vztahují na vzduch, neboť veškerá pneumatická třídění se zpravidla provádějí ve vzduchu. Rychlost klesání závisí kromě velikosti zrna na hustotě a tvaru částic a není přitom přímo úměrná velikosti zrna.

Jinými parametry částic jsou jejich tvar a specifický povrch. Pod pojmem třída se rozumí v užším smyslu rozsah prvního parametru částic mezi dvěma mezními hodnotami.

Pod pojmem frakce se rozumí rozsah druhého parametru částic mezi dvěma mezními hodnotami, tedy produkt dělení na třídy z hlediska tohoto druhého parametru.

Třídy nebo frakce z hlediska rychlosti klesání jsou třídy částic, v nichž se rychlost klesání částic pohybuje mezi určitou horní a určitou dolní mezí. Tyto třídy nebo frakce se získávají po sobě následujícím tříděním, zejména pneumatickou cestou, při vždy rozdílných rychlostech třídícího vzduchu.

Třídy nebo frakce z hlediska velikosti zrna jsou třídy částic, v nichž se velikost zrna na sítu pohybuje od určité dolní meze k určité horní mezí. Tyto třídy nebo frakce se získávají po sobě následujícími prosévacími pochody při vždy odlišných velikostech ok síta, tj. odlišných dělicích mezí prosévání.

Jako dělicí mez při pochodu, jehož výsledkem je dělení na třídy, se označuje velikost zrna, tzv. dělicí velikost zrna, která po rozdělení na třídy je z 50 % obsažena v hrubší (při prosévání) nebo v těžší (při pneumatickém třídění), a z 50 % v menší (při prosévání) nebo v lehčí (při pneumatickém třídění) třídě nebo frakci. Dělicí mez síta je při dostatečně dlouhém prosévání velikost oka tohoto síta. Dělicí mezí pneumatického tříděče je jeho dělicí rychlost třídícího vzduchu, tj. rychlost vzduchu, při které 50 % částic se dostane do jemné frakce nebo třídy a 50 % částic do hrubé frakce nebo třídy. Při protiproudovém gravitačním pneumatickém třídění je dělicí rychlost třídícího vzduchu rovna rychlosti klesání částic s dělicí velikostí zrna.

Výsledek tedy spočívá v tom, že se přiváděná výchozí směs v prvním stupni, zejména proséváním nebo pneumatickým tříděním, za sucha dělí na větší počet tříd prvního parametru částic (tj. tříd zrnitosti nebo tříd rychlostí klesání), které jsou s ohledem na následující oddělování složek, jež se mají vytříbovat, dostatečně úzké, a v nichž jsou proto frakce druhého parametru částic (tj. frakce rychlosti klesání nebo frakce zrnitosti) jednotlivých složek od sebe odděleny, nebo na sebe navazují anebo se jen nepatrně překrývají. Poté jsou ve druhém stupni z takto získaných tříd několikanásobným dalším tříděním, prováděným v počtu nejméně $(p-1)$ po sobě následujících suchých třídících pochodů, tj. prosévacích nebo pneumatických třídících pochodů, od sebe oddělovány jednotlivé složky v čistém nebo silně obohaceném stavu, a jsou tak vytříbovány.

Při zohlednění požadovaného a možného vytříbování dalším dělením na třídy ve druhém stupni, pro které je rozhodující druhý parametr částic, je třeba provést volbu šířky tříd v prvním stupni tak, aby bylo ve druhém stupni možné provést odstupňování dělicích mezí při dalším dělení na třídy, při němž obě tyto meze druhého parametru částic odpovídají takové frakci, která obsahuje částice vytříbované složky a při němž se tedy největší částice vždy lehčí vytříbované složky právě ještě dají oddělit od nejmenších částic těžší složky. Tímto způsobem je možné třídy získané dělením v prvním stupni (třídy zrnitosti nebo třídy rychlosti klesání) rozdělit ve druhém stupni na jejich složky a každou složku tak oddělit od druhé.

Pokud se má přiváděná výchozí směs roztřídit na všechny své složky, může se provádět tak, že se v prvním stupni výchozí směs pomocí m po sobě následujících prosévacích pochodů dělí na $m+1$ po sobě následujících tříd zrnitosti, při nichž jsou dělicí meze x_1 pro po sobě následující prosévací pochody voleny tak, že frakce z hlediska rychlosti klesání všech složek v každé třídě zrnitosti jsou od sebe odděleny nebo se jen nepatrně překrývají, načež se ve druhém stupni každá z $m+1$ a nejméně $m/2+1$ tříd zrnitosti dělí pomocí série po sobě následujících pneumatických třídících pochodů na p frakcí rychlosti klesání vždy jedné složky, přičemž se odebírají vždy lehké frakce každého pneumatického třídění a vždy těžká frakce posledního třídícího pochodu, a to jednotlivě nebo v libovolném vzájemném spojení.

Obzvláště čisté složky se získávají, určí-li se velikost dělicí meze x_1 prosévací z menší velikosti dělicí meze x_{1+1} sousedního prosévání podle rovnice

$$x_1 \leq x_{1+1} \cdot \sqrt[n]{(\rho_S/\rho_L)_{\min}}$$

kde n je parametr zohledňující stoupání křivky součinitele odporu vzduchového proudění částic při dělicí rychlosti třídícího vzduchu, přičemž tento parametr leží v rozmezí 2 a 1 a v oblasti laminárního proudění částic má hodnotu 2 a v oblasti turbulentního proudění částic má hodnotu 1 a jeho hodnota v přechodové oblasti proudění částic klesá z hodnoty 2 na hodnotu 1 přibližně úměrně s logaritmem Reynoldsova čísla a poměr ρ_S/ρ_L je nejmenší poměrnou hodnotou hustoty ρ_S těžší složky a hustoty ρ_L lehčí složky.

Jako alternativu k tomuto postupu je možno v prvním stupni provádět pneumatické třídění a ve druhém stupni prosévání. Potom se postup dělení na všechny jednotlivé složky provádí tak, že se výchozí směs v prvním stupni dělí pomocí m po sobě následujících pneumatických třídících postupů na po sobě následující třídy z hlediska rychlosti klesání, přičemž vždy těžší třída podle rychlosti klesání prvních $m-1$ pneumatických třídění je přiváděna do dalšího třídícího pochodu jako výchozí směs, a dělicí rychlosti v_{Li} pneumatického třídění po sobě následujících třídících pochodů se volí tak, že frakce zrnitosti všech složek v každé třídě podle rychlosti klesání jsou od sebe odděleny nebo se jen nepatrně překrývají, načež se potom ve druhém stupni každá z $m+1$ a nejméně $m/2+1$ tříd z hlediska rychlosti klesání dělí pomocí série $p-1$ po sobě následujících prosévání na p frakcí zrnitosti pro každou jednotlivou složku, a frakce vždy stejné složky jsou jednotlivě nebo v libovolné vzájemné kombinaci odebírány (obr. 5 a 6).

V tomto případě se získávají obzvláště čisté složky tehdy, určí-li se dělicí rychlosti v_{Li+1} pneumatického třídění z menší dělicí rychlosti v_{Li} pneumatického třídění vždy předchozího nebo následujícího třídění podle rovnice

$$v_{Li+1} \leq v_{Li} \cdot \sqrt[n]{(\rho_S/\rho_L)_{\min}},$$

kde n je parametr zohledňující stoupání křivky součinitele odporu vzduchového proudění částic při dělicí rychlosti třídícího vzduchu, přičemž tento parametr leží v rozmezí od 1 do 2 a v oblasti laminárního proudění částic má hodnotu 1 a v oblasti turbulentního proudění částic má hodnotu 2 a jeho hodnota v přechodové oblasti proudění částic stoupá přibližně úměrně s logaritmem Reynoldsova čísla z hodnoty 1 na hodnotu 2, a ρ_S/ρ_L min značí nejmenší poměr hustoty ρ_S těžší složky vůči hustotě ρ_L lehčí složky.

Pro vytřídování podle vynálezu připadají v úvahu jako složky všechny druhy látek používaných jako výchozí směsi v obvyklých třídících nebo zpracovávacích zařízeních, jako nerostné suroviny, např. uhelné směsi, pyrit a hlušina, kovové suroviny, jako například rudy a hlušina, nebo odpadní hmoty, z nichž je třeba vytřídít užitkovatelný odpad, například hliník a jiné podíly neželezných kovů z drčeného šrotu, z něhož byly před tím odděleny magnetické železnaté složky, jako pryž, tkanina a ocelové součásti včetně nečistot z drčených pneumatik, nebo dráty, pryž nebo plastické hmoty oplášťování z kabelových zbytků, včetně nečistot, nebo zvláštní produkty a plastické hmoty ze zbytků kombinovaných technických materiálů, nebo písek z prostředků používaných ve slévárnách k opískování.

Třídění podle vynálezu vede ke zpočátku popsanému cíli u všech takovýchto směsí rozdílných rozptýlených výchozích látek, u nichž je k dispozici dostatečný rozdíl v hustotě nebo tvaru a tím i v rychlosti klesání závislé na velikosti zrna jednotlivých složek.

Pro provádění způsobu podle vynálezu se použije vhodná výchozí směs, v níž jsou vytřídované složky přítomny odděleně a v rozsahu velikosti zrna vhodném pro prosévání a pneumatické třídění. V mnohých případech je proto nutno dosud nevyhovující výchozí produkt před přiváděním do dělicího stupně uvést na vhodný rozsah velikosti částic drčením, často ve spojení s dělením na třídy. Je-li výchozím produktem kombinovaný technický materiál, je třeba jako při obvyklé úpravě nerostných surovin narušit "srůst" složek v co možná největší míře. Následující třídění se daří o to lépe, čím důkladněji byl kombinovaný technický materiál předřazeným drčením rozdělen na jednotlivé částice jedné nebo druhé složky. Při třídění dvou nebo více složek sestává výchozí směs přiváděná k následujícímu třídícímu stupni ze směsi dvou nebo více disperzních pevných látek, které se liší rozdělením velikosti částic a rychlosti jejich klesání.

Je možno rozlišit tři případy pokud jde o rozdílnost hustoty a/nebo tvaru. V prvním případě se liší složky pouze v hustotě pevné látky, zatímco tvar je stejný. Zde se daří

třídění na jednotlivé složky. Ve druhém případě je hustota složek stejná, avšak tvar rozdílný. V tomto případě se dá způsob uplatnit také na směs látek stejné hustoty, avšak rozdílného tvaru aplikovat na tvarové třídění. Ve třetím případě, který je pravidlem, se částice liší jak hustotou, tak i tvarem. Rozdíly ve tvaru částic jednotlivých složek mohou způsob ovlivnit pozitivně i negativně. Je tak možné, že částice stejné velikosti mají sice rozdílnou hustotu a tvar, avšak stejnou rychlost klesání, takže se na takovou směs postup podle vynálezu nedá aplikovat.

Jak již bylo vysvětleno, je nutno dělení na třídy v prvním stupni provádět v dostatečně úzkých rozmezích, aby z každé třídy ve druhém stupni bylo možno oddělovat dalším dělením složky, které se mají vytříbovat.

Pokud bylo dělení na třídy v prvním stupni prováděno proséváním, jsou do druhého stupně přiváděny jako výchozí směsi jednotlivé třídy z hlediska velikosti zrna. Třídění každé takové třídy na dvě složky, například pomocí gravitačního protiproudového třídění pneumatickou cestou, je možné například jen tehdy, jsou-li hranice tříd při dělení na třídy zrnitosti, které jsou určeny rozmezími mezi dělicími mezemi x_i a x_{i+1} po sobě následujících prosévání, voleny tak, že rychlost klesání specificky těžších částic, které odpovídají vždy větší dělicí mezi x_i prosévání, určující horní mez třídy, je větší nebo alespoň rovná rychlosti klesání specificky lehčích částic ($1 \leq i \leq m$) odpovídajících dělicí mezi x_{i+1} prosévání, určující dolní mez třídy. Při vícesložkových přiváděných směsích musí hranice tříd ležet tak blízko u sebe, aby rychlosti klesání všech složek se vůbec nepřekrývaly, nebo se překrývaly jen nepatrně. K takovému případu dochází tehdy, když je při dvou-složkové výchozí směsi splněna daná podmínka pro obě sousední složky, při níž poměr rychlosti klesání pro stejné velikosti zrna je nejmenší, rozdělení rychlostí klesání závislých na velikosti částic leží tedy těsně vedle sebe a na první stupeň jsou proto kladeny velmi přísné požadavky, aby se třídění ve druhém stupni mohlo zdařit.

Na obr. 1 je znázorněna závislost velikosti zrna x spektr zrnitosti čtyř složek o rozdílné hustotě $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$ ($\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$) a vždy v určitém tvaru na rychlosti klesání w_g . Poměr hustoty složek 3 a 2 je nejmenší. Stupňovitá čára vyznačená mezi těmito složkami určuje šířku tříd zrnitosti a tříd velikosti rychlosti klesání, které musí být dosaženy při dělení na třídy v prvním stupni, aby se napojily frakce vždy odlišného parametru, a pokud možno byly od sebe vůbec odděleny nebo aby se v krajním případě jen nepatrně překrývaly. Z diagramu na obr. 1 je zřejmé, že se rozdělení zrnitosti všech čtyř složek v rozsáhlé míře překrývají, tj. že v rozsahu zrnitosti daném dělicími mezemi x_i až x_m jsou všechny složky rovnoměrně zastoupeny.

Volba všech hranic tříd prvního třídícího dělení, prováděného proséváním, a tedy i dělicích mezí ok x_i a x_{i+1} sousedních prosévání, které umožňují následující vytříbování jednotlivých složek pneumatickým tříděním se tak dá provést za podmínky, že rychlost klesání specificky lehčích částic, odpovídajících horní hranici třídy je rovná nebo menší než je rychlost klesání specificky těžších částic, odpovídajících dolní hranici třídy. Z toho vyplývá pro gravitační protiproudový pneumatický třídící podmínka

$$v_L = w_{gt} \quad (1)$$

kde

v_L je dělicí rychlost vzduchu a

w_{gt} rychlost klesání pro dělicí velikost zrn.

Určující velikost pro w_{gt} a tedy i pro v_L vyplývá přitom z odporového zákona pro proudění částic v pneumatickém třídíči. Všeobecně je třeba rozlišovat mezi třemi druhy proudění

okolo částic, a to laminárním prouděním ($n = 2$), tj. rozsah A na obr. 2 s $Re = 2,5$, pro něž je určující Stokesův odporový zákon, turbulentním prouděním ($n = 1$), tj. rozsah C na obr. 2 s $Re \geq 1\,000$, při němž platí kvadratický odporový zákon, a přechodovým prouděním ležícím mezi oběma výše uvedenými ($1 \leq n \leq 2$), tj. oblast B na obr. 2. Hodnota n je přitom parametr zohledňující stoupání odporové křivky proudění částic dělicí rychlostí w_{gt} vzduchu. Křivka součinitele odporu, udávající závislost součinitele odporu c_w na Reynoldsově číslu $Re = x \cdot v_L / \gamma$, kde γ značí kinematickou viskozitu, a křivka paramteru n v závislosti na Reynoldsově číslu jsou znázorněny na obr. 2.

Předpokládáme-li kulový tvar částic a zanedbáváme-li tedy vliv tvaru, dá se jako všeobecné pravidlo pro volbu hranic tříd a tedy pro odstupňování sít formulovat již výše udaná podmínka

$$x_i \leq x_{i+1} \cdot \sqrt[n]{(\rho_S / \rho_L)_{\min}}, \quad 2 \geq n \geq 1 \quad (2)$$

To znamená, že se odstupňování dělicích mezí x_i prosévání dá vůči sousední menší dělicí mezi x_{i+1} v zásadě zjednodušeně vypočítat z n -té odmocniny nejmenšího poměru hustot částic těžší složky s hustotou ρ_S k částicím lehčí složky ve výchozí směsi s hustotou ρ_L . U dvou-složkových výchozích směsí je tedy poměr hustot obou složek rozhodující. U vícesložkových výchozích směsí se vytvoří nejmenší hustotní poměr z těch složek, jejichž rozsahy rychlostí klesání, závislé na velikosti zrna, leží nejvíce u sebe.

Experimentální vyšetřování ukázala, že je možno vyjít z toho, že pneumatické třídění hrubých částic probíhá všeobecně při turbulentním proudění a parametr n tedy bude pro přibližně kulovité částice ležet blízko hodnoty 1, kdežto u částic s tvarem výrazně se odlišujícím od kulového tvaru a při třídění v přechodové oblasti mezi laminárním a turbulentním prouděním parametr n leží v blízkosti 1,5. Při třídění jemných částic vliv tvaru ustupuje. Proudění bude obvykle probíhat v laminární oblasti, takže parametr n bude ležet blíže u hodnoty 2. V které oblasti proudění může dojít k optimálnímu uskutečnění třídícího procesu, bude záležet na tvarové různosti a na hustotách zúčastněných složek ve výchozí směsi. Proto se má v případě potřeby výchozí produkt nejprve převést drcením a dělením na třídy do nejpříznivějšího rozsahu zrnitosti. Parametr n má přitom hodnotu 2 pro laminární proudění a 1 pro turbulentní proudění.

Podmínka (2) pro odstupňování velikostí ok síta musí být splněna jen "v zásadě". Tím má být vyjádřeno, že dělicí meze nutně musí ležet na velikostech ok síta, které vyplývají z výpočtu, ale že je možno použít na trhu dostupných sít s normovými hodnotami, takže zvláštní zhotovování sít, jejichž velikosti oka by vyplynuly z výpočtu, není nutné. Normované řady sít poskytují dostatečný počet dělicích mezí pro provedení způsobu podle vynálezu, aby byly v podstatě splněny podmínky udávané v bodech definice předmětu vynálezu. Jsou však samozřejmě myslitelné i speciální případy, kdy pro dosažení velkých ostrotí dělení a tím lepšího obohacení a výtěžku vytříděných složek se pro tento účel nechají zhotovit speciální síta s určitými nenormalizovanými velikostmi ok a tedy speciálními nenormalizovanými dělicími mezemi prosévání.

Analogicky se při opačném postupu stanoví pro dělení výchozí směsi na třídy v prvním stupni pneumatickým tříděním podmínka pro požadované odstupňování dělicích rychlostí vzduchu, umožňující vytřídování jednotlivých složek ve druhém stupni prosévání, a to:

$$v_{Li+1} \leq v_{Li} \sqrt[n]{(\rho_S / \rho_L)_{\min}}, \quad 1 \leq n \leq 2 \quad (3)$$

Odstupňování vždy vyšší dělicí rychlosti $v_{L_{i+1}}$ vzduchu vůči vždy nižší dělicí rychlosti v_{L_i} vzduchu předchozího nebo následujícího třídíče se tedy zjednodušeně vypočítá v podstatě z n -té odmocniny nejmenšího poměru hustot částic těžší složky k částicím lehčí složky v přiváděné výchozí směsi, přičemž v laminární oblasti platí $n = 1$.

Pro technickou realizaci musí být parametr n , zohledňující druh proudění třídícího vzduchu okolo částic zvolen tak, aby byla zohledněna jak náběhová podmínka proudění v pneumatickém třídění, tak i případně konkurující tvarový vliv částic. Toto je třeba pro každé provedení způsobu podle vynálezu experimentálně zjistit předběžnými pokusy.

Provádí-li se dělení na třídy v prvním stupni prosévání, jsou získané třídy zrnitosti získané v tomto stupni dále tříděny na jednotlivé složky sérií pneumatických třídících pochodů prováděných v soupravách pneumatických třídíčů. V pneumatických třídících každé sady a každého třídícího stupně musí být dělicí rychlost $v_{L_{j,c}}$ vzduchu (index j označuje složku nebo třídící stupeň a index c soupravu pneumatických třídíčů), určující dělicí mez, vždy nastavena tak, aby platilo

$$v_{L_{j,c}} = k w_{gt} \quad (4)$$

kde w_{gt} je rychlost klesání ve vzduchu pro nejhrubší částice vytřídované lehké složky příslušné třídy zrnitosti, určující dělicí mez, a k konstanta zohledňující tvar částic, převod vzduchu a zvolený typ třídíče, a ležící v rozmezí od 0,3 do 1.

Rychlost klesání w_g částice ve vzduchu se vypočítá podle známých zákonitostí.

Pokusy potvrdily uskutečnitelnost vynálezu a ukázaly, že pro oddělení nejobvyklejších rozsahů hustot může být výpočet odstupňování dělicích mezí prosévání nebo dělicích rychlostí třídícího vzduchu založen na nejmenším poměru hustot složek, které se mají od sebe oddělovat. Příslušná dělicí rychlost v_{L_i} vzduchu se vypočítá v příkladech použití, kdy se pneumatické třídění v třídícím stupni například provádí střídavým třídíčem, z uvedené rovnice (4) s uvažováním konstanty $k = 0,5$ vždy podle vlivu různých tvarů částic ve vytřídovaných složkách.

Při nastavování dělicích rychlostí třídícího vzduchu v pneumatickém třídíči, například v pneumatickém třídíči se stoupacím potrubím, může dojít k odchylkám od uvedené rovnice (4), což se zjistí pokusy. V každém případě však platí, že při nejvýhodnějším třídění gravitačním účinkem musí být dělicí rychlost třídícího vzduchu rovná rychlosti klesání nejhrubších z lehkých částic, které se mají z dané třídy zrnitosti vytřídít, anebo být nastavena o něco málo pod rychlostí klesání nejmenších z nejbližší těžších částic obsažených v této třídě zrnitosti.

Jelikož popisy částic jsou z kvantitativního hlediska možné jen velmi obtížně, jsou také sotva možné přesné kvantitativní údaje pro volbu odstupňování při velkých tvarových rozdílech zúčastněných složek. Velké tvarové rozdíly však zlepšují způsob podle vynálezu v tom smyslu, že když je vliv tvaru na rychlost klesání specificky těžších částic větší než je rozdělení rychlostí klesání specificky lehčích částic, mohou být připuštěny širší třídy zrnitosti při prosévání, tj. jsou umožněny větší skoky při odstupňování sít. Počet dělicích mezí prosévání, tj. počet třídících sít tak může být volen menší. Způsob podle vynálezu se tím stane hospodárnějším.

Provádí-li se dělení na třídy v prvním stupni pneumatickým tříděním, jsou třídy podle rychlosti klesání získané v tomto stupni dále děleny na složky proséváním na sériích sít. Pro síta příslušné soupravy použitých sít se velikost oka, odpovídající dělicí mezi $x_{c,j}$ určující dělení složek (index c označuje třídu rychlosti klesání nebo soupravu sít a index j složku), stanoví vždy tak, že je vždy o něco menší, než jsou nejmenší částice nejlehčí

složky, obsažené ve třídě podle rychlosti klesání. Způsob podle vynálezu se dá použít pro velikost zrn od přibližně 30 μm , pokud prosévání proudem vzduchu, které je z technického hlediska k dispozici, je v tomto rozsahu velikosti zrna ještě účinně proveditelné. Horní hranice použití leží u částic o velikosti přibližně 30 mm při $\rho_L = 5 \text{ g/cm}^3$. To závisí na jedné straně na prosévacích strojích, které jsou k dispozici a které kupříkladu při Mogensenově principu jsou použitelné až po tuto hranici, a jednak na technických nákladech při dělení na třídy nebo frakce pneumatickým tříděním. V uvedeném rozsahu zrnitosti jsou použitelné všechny prosévací postupy a síta, jako rovinná síta, vibrační síta, kruhové kmitající síta, v jednotlivém nebo násobném uspořádání.

Vzduchové třídíče mohou být účelně řešeny jako třídíče se stoupacím potrubím, například jako zalamované třídíče, z nichž jsou lehké částice pneumaticky vynášeny směrem nahoru.

Alternativně k tomuto protiproudovému samotížnému pneumatickému třídění v třídících se stoupacím potrubím je možné použít také pneumatické třídění s příčným prouděním, jaké se již provádí při netříděné výchozí směsi, jak již bylo uvedeno výše. V tomto případě mají být alespoň některá z pneumatických třídění prováděna příčným proudem, a to pomocí vzduchového proudu, který proudí napříč proudem částic, padajících směrem dolů jako tenká vrstva. Při tomto třídění příčným prouděním je energie vynaložená na výrobu vzduchového třídícího proudu menší, než je tomu u rovnovážných gravitačních třídění, kde vzduchovému proudění přísluší úloha nejen dělit lehké částice od těžších, nýbrž také lehké částice pneumaticky dopravovat k odlučovači. Odvádění částic se naproti tomu provádí u třídíčů s příčným prouděním pomocí mechanických dopravních ústrojí, zařazených za třídící pásmo.

Pro uvedený rozsah nejmenších částic je možno použít odstředivých třídíčů, například spirálních třídíčů s ohýbaným směrem proudu.

Dělení velkých a tím i těžkých částic pomocí pneumatického třídění vyžaduje vzhledem k velkým dělicím rychlostem klesání značná množství vzduchu, a proto se v jednom provedení vynálezu, při kterém se výchozí směs nejprve dělí na třídy proséváním, počítá s tím, že se zbytek nejhrubším sítu o velikosti oka odpovídajícím dělicí mezi x_1 drtí a opětovně se přivádí do výchozí směsi, nebo se odváží na místě zpracování na haldy, anebo se jinak dále zpracovává. Drcení velkých částic může být kromě toho energeticky příznivější, než jejich třídění proséváním a pneumatickou cestou. Předchozí drcení přitom zajišťuje nejen výše uvedenou předchozí přípravu výchozího produktu, ale současně vede k zajištění větší rovnoměrnosti jeho spektra zrnitosti, čímž se umožní, že počet m potřebných třídících úkonů v příslušném stupni a tedy i počet sít a třídíčů může být udržován na co možná nejnižší úrovni. Kromě toho může být výhodné, že po dělení na třídy proséváním se před jednotlivými nebo všemi pneumatickými tříděními provádí selektivní drcení tříd zrnitosti, zaměřené na drcení lehčích složek. Tímto způsobem se dá usnadnit následující dělení pneumatickým tříděním v důsledku rozdílného chování složek při drcení, což se projeví větší účinností nebo zmenšením počtu pneumatických třídíčů.

Ostrosti třídění a náklady suchého způsobu třídění podle vynálezu stoupají se zvětšujícím se počtem užších tříd zrnitosti nebo tříd z hlediska rychlosti klesání v příslušném stupni třídění. Současně s tím stoupá míra obohacení, tj. kvalita a případně i výtěžek převážně čistých složek. Jelikož hospodárnost způsobu podle vynálezu závisí jak na technických nákladech, tj. na zařízení, tak i nárocích na čas a na personál, jakož i na dosažitelné ceně vytřídovaného konečného produktu, bude nejhospodárnější postup ležet mezi naznačenými extrémy a má se určit pro každou vytřídovanou výchozí směs pokusy.

Obvyklá rozdělení zrnitosti u rozdílných materiálových směr, jako například v oblasti nerostů, zvláštních zbytkových hmot nebo kombinovaných hmot, neželezných kovů v drceném šrotu, uhlí a hornin, odpadků a jiných surovin, nebo také rud, jsou podmíněny $m = 5$ až 15 prosévacími nebo třídícími stupni pneumatickou cestou, přičemž pro třídění podle vynálezu lze uvažovat vícesložkové směsi až do počtu $p = 5$ složek.

Třídící zařízení vhodné pro provádění způsobu podle vynálezu, které může z přiváděné směsi o více složkách, zahrnuje první stupeň se soupravou $m \geq 3$ za sebou zařazených suchých třídících ústrojí pro dělení přiváděné výchozí směsi na třídy prvního parametru částic, v nichž jsou frakce druhého parametru částic každé vytřídované složky obsaženy odděleně nebo se jen nepatrně překrývají, a druhý stupeň se soupravami za sebou zařazených dalších suchých třídících ústrojí pro každou třídu pro její postupné dělení na frakce při dělicích mezích, odpovídajících oběma mezím druhého parametru částic každé frakce vytřídovaných složek, přičemž vždy do prvních třídících ústrojí jedné sestavy dalších třídících ústrojí lze přivádět vždy jednu třídu, a z uvedených dalších třídících ústrojí lze odvádět vždy čisté nebo silně obohacené frakce nebo složky, a to jednotlivě, nebo libovolně kombinovaně.

Výhodné provedení vynálezu, při kterém se výchozí směs v prvním stupni prosévá a ve druhém stupni pneumaticky třídí, zahrnuje první stupeň se soupravou sít v počtu $m \geq 3$ za sebou pro dělení výchozí směsi na třídy zrnitosti, přičemž velikosti dělicích mezí x_i prosévání, tj. velikosti ok sít, jsou voleny tak, že frakce každé vytřídované složky, dělené podle rychlostí klesání, jsou přítomny vždy odděleně nebo se jen nepatrně překrývají, a dále druhý stupeň s alespoň dvěma soupravami pneumatických třídících, u nichž lze vždy do prvních pneumatických třídících přivádět jednu třídu zrnitosti a vždy do následujících třídících přivádět jako výchozí surovinu těžkou frakci vždy předřazeného pneumatického třídíče, a z nichž lze v důsledku odstupňování dělicích rychlostí třídícího vzduchu, odpovídajících rychlostem klesání ještě získatelných nejhrubších a nejjemnějších částic vytřídovaných složek, odebírat jednotlivě nebo v libovolné kombinaci lehké frakce a těžké frakce vždy posledního pneumatického třídíče jako čistou nebo silně obohacenou složku.

Dělicí meze druhého stupně se dají vzhledem k nastavitelnosti dělicích rychlostí třídícího vzduchu lehko přizpůsobovat příslušným požadavkům.

Pokud může být výchozí směs tříděna na všech jejích p složek, daří se takové třídění pomocí třídícího zařízení, majícího první stupeň se soupravou $m \geq 3$ sít pro třídění výchozí směsi na $m+1$ po sobě následující třídy zrnitosti, kde jsou velikosti ok x_i po sobě následujících sít voleny tak, že rozsahy rychlostí klesání jednotlivých složek v každé třídě zrnitosti jsou od sebe odděleny nebo se jen nepatrně překrývají, a druhý stupeň s $m+1$ a nejméně $0,5+1$ souprav se vždy $p-1$ po sobě následujících pneumatických třídících pro vždy jednu třídu zrnitosti k jejímu dělení na frakce vždy jedné složky, přičemž vždy do prvních pneumatických třídících lze přivádět vždy jednu ze tříd zrnitosti získaných ze soupravy sít prvního stupně, a do vždy následujících dalších pneumatických třídících lze přivádět jako výchozí surovinu vždy těžkou frakci vždy předřazeného pneumatického třídíče, a z nichž lze odebírat lehké frakce vždy stejné složky a těžkou frakci vždy posledního pneumatického třídíče jako jistou nebo obohacenou složku, a to buď jednotlivě nebo v libovolné kombinaci (obr. 3 a 4).

Odstupňování velikostí dělicích mezí x_i prosévání se provádí podle rovnice (2) nebo podle diagramu na obr. 1.

Další výhodné provedení třídícího zařízení podle vynálezu, v němž se výchozí směs v prvním stupni pneumaticky třídí a ve druhém stupni prosévá, zahrnuje první stupeň s $m \leq 3$ za sebou seřazených pneumatických třídících pro dělení výchozí směsi do po sobě následujících tříd podle rychlostí klesání, z nichž vždy těžší třídu z hlediska rychlosti klesání, získanou z prvních $m-1$ pneumatických třídících, lze přivádět do vždy dalšího následujícího pneumatického třídíče jako výchozí surovinu, a v nichž jsou dělicí rychlosti třídícího vzduchu v po sobě následujících pneumatických třídících nastavitelné tak, že frakce vytřídovaných složek z hlediska zrnitosti jsou v každé třídě z hlediska rychlosti klesání od sebe odděleny nebo se navzájem jen nepatrně překrývají, a dále druhý stupeň s alespoň dvěma soupravami za sebou uspořádaných sít, na první z nichž lze přivádět vždy jednu třídu z hlediska rychlosti klesání, získanou z pneumatických třídících po jejím odloučení od třídícího vzduchu,

a pomocí nichž lze v důsledku odstupňování velikostí ok sít podle velikosti zrna ještě získatelných nejhrubších a nejjemnějších částic vždy vytřídované složky po sobě oddělovat frakce čistých nebo obohacených složek a z nich odebírat vždy jednotlivé nebo v libovolné vzájemné kombinaci frakce vždy stejné složky.

Tato varianta připouští přesné dodržení požadovaných hranic tříd prvního stupně.

Má-li se opět výchozí směs třídit na všech svých p složek, daří se to nejlépe, zahrnuje-li toto zařízení první stupeň s $\underline{m} = 3$ po sobě následujících pneumatických třídících, pomocí nichž lze výchozí směs dělit na $\underline{m}+1$ tříd podle rychlosti klesání, z nichž vždy těžší třídu z hlediska rychlosti klesání z prvních $\underline{m}-1$ pneumatických třídících lze přivádět do následujícího pneumatického třídícího jako výchozí surovinu, a dělicí rychlosti třídícího vzduchu v následujících pneumatických třídících jsou nastavitelné tak, že frakce podle velikosti zrna jednotlivých složek v každé třídě z hlediska rychlosti klesání jsou od sebe oddělené nebo se jen nepatrně překrývají, a druhý stupeň s $\underline{m}+1$ a nejméně $0,5\underline{m}+1$ soupravami vždy $\underline{p}-1$ za sebou seřazených sít pro každou třídu z hlediska rychlosti klesání pro její dělení na frakce vždy jedné složky, u nichž do vždy prvního síta lze přivádět jako výchozí surovinu vždy jednu třídu z hlediska rychlosti klesání z pneumatických třídících, a pomocí nichž lze v důsledku odstupňování velikostí ok sít třídit každou třídu podle rychlosti klesání na frakce čistých nebo obohacených složek, a z nich odebírat jednotlivé nebo v libovolné kombinaci frakce vždy stejné složky (obr. 5 a 6).

Odstupňování dělicích rychlostí třídícího vzduchu se volí nejlépe podle rovnice (3) nebo podle diagramu z obr. 1, v němž jsou vyznačena rozdělení velikostí zrn složek, přičemž stupňovitá čára je vložena mezi ty dvě křivky, jejichž složky vykazují nejmenší poměr hustot.

Při použití způsobu podle vynálezu pro vytřídování hliníkových částic o hustotě $\rho_2 = 2,7 \text{ g/cm}^3$ z drceného šrotu, v němž jsou obsaženy znečišťující nekovy o hustotě $\rho_1 \leq 1,85 \text{ g/cm}^3$ a těžké kovy o hustotě $\rho_3 \geq 4,2 \text{ g/cm}^3$, platí pro třídící zařízení následující hodnoty pro volbu dělicích mezí X_1 prosévání a nastavení dělicích rychlostí $V_{Lj,c}$ třídícího vzduchu následující hodnoty. Na prvním a druhém řádku jsou udány čísla sít a velikosti oka pro první dělení na třídy. Řádka 3 udává dělicí rychlost $V_{L1,c}$ třídícího vzduchu vždy prvního třídícího stupně z protiproudových pneumatických třídících a řádka 4 dělicí rychlosti $V_{L2,c}$ třídícího vzduchu ve vždy druhém třídícím stupni z protiproudových pneumatických třídících druhého dělení. Část výchozí směsi prošlá nejjemnějším sítem s dělicí mezí X_{10} nebyla dále tříděna.

1.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	-
2.	27,5	22,5	18,8	15,5	12,9	10,7	8,8	7,3	6,0	5,0	mm
3.	21,1	19,2	17,4	15,9	14,4	13,1	11,9	10,9	9,9	9,0	m/s
4.	28,5	25,9	23,6	21,5	19,6	17,8	16,2	14,7	13,4	12,0	m/s
5.	28,0	22,4	19,0	16,0	13,2	11,2	9,0	7,5	6,3	5,6	mm

Jelikož vypočítané hodnoty pro velikosti dělicích mezí prosévání, tj. velikosti ok, se neshodují s normalizovanými velikostmi sít, použijí se pro praktické uplatnění vynálezu síta normalizované řady R40 podle DIN 4188 (doporučení ISO 150 R 3 DIN 323 NFX 01-0.01 B.5.2.045). Hodnoty nastavovaných dělicích rychlostí třídícího vzduchu se v daném případě při této úpravě takřka nemění.

Vynález se dá provést na třídících zařízeních, jejichž konstrukce je schematicky znázorněna na výkresech. V těchto výkresech značí obr. 3 schéma zařízení pro třídění výchozí směsi sestávající ze dvou ($p = 2$) složek pomocí m sít a $m+1$ pneumatických třídíčů na obě tyto složky, obr. 4 schéma zařízení pro třídění výchozí směsi sestávající z p složek pomocí m sít a $(m+1) \cdot (p-1)$ pneumatických třídíčů na p složek, obr. 5 schéma zařízení pro třídění výchozí směsi sestávající ze dvou ($p = 2$) složek pomocí m pneumatických třídíčů a $m+1$ jednoduchých sít na její obě složky a obr. 6 schéma zařízení pro třídění výchozí směsi sestávající z p složek pomocí m pneumatických třídíčů a $(m+1) \cdot (p-1)$ sít na jejich p složek.

Dvou nebo vícesložkový výchozí produkt se nejprve připravuje pro třídění způsobem podle vynálezu jednoduchým proséváním, tříděním nebo drcením. Sled těchto upravovacích pochodů může být upraven podle povahy produktu, a může být doplněn další zvláštní úpravou nebo také vypuštěn, je-li výchozí produkt přítomen již v rozdruženém stavu nebo není-li první obohacení proséváním a vzduchovým tříděním dosažitelné nebo není-li nutno odstraňovat nečistoty. Těmito přípravnými pochody se pak obdrží výchozí směs pro třídění způsobem podle vynálezu.

Ve schematicky znázorněném třídícím zařízení na obr. 3 se dvousložková výchozí směs F nejprve dělí v prvním třídícím stupni I na prosévacím stroji s jednou soupravou 1 prvních třídících ústrojí X_1, X_2, X_{m-1}, X_m tvořenou počtem m sít 2 s dělicími mezemi x_1 nebo velikostmi oka odstupňovanými podle rovnice (2), na jednotlivé na sebe navazující třídy podle velikosti zrna. Prosévací stroje vhodné pro tento účel jsou obecně známy. Všechna síta 2 soupravy 1 nemusí být sdruženy v jediném prosévacím stroji. Mohou být také rozdělena na několik prosévacích strojů vždy jen s jedním nebo dvěma sítami. Velikosti ok sít jsou označeny dělicími mezemi x_1 (odpovídá nejhrubší velikosti oka) $\dots x_1 \dots x_{m-1}$ a x_m (odpovídá nejmenší velikosti oka). Odpovídající síta 2 jsou označena jako první třídící ústrojí X_1 s odpovídajícími indexy. Nejhrubší třída dle velikosti zrna zůstává na prvním místě soupravy 1, tj. na síti s dělicí mezí x_1 prosévání, kdežto nejjemnější třída zrnitosti je ta, která propadne posledním sítou soupravy 1, tj. sítou s nejmenší dělicí mezí x_m .

Ve druhém třídícím stupni II se každá z těchto $m+1$ tříd podle velikosti zrna přivádí do $m+1$ pneumatických třídíčů 4, uspořádaných rovnoběžně vedle sebe na výstupní straně soupravy 1 sít. Tyto pneumatické třídíče 4 tvoří každý vždy jediný stupeň 3 pneumatického třídění a třídy dle velikosti zrna jsou do něj přiváděny potrubími 2.

Pneumatické třídíče 4 jsou schematicky znázorněny jako gravitační pneumatické třídíče se svislou třídící trubicí, do níž je zespodu neznázorněným ventilátorem přiváděn vzduch 1. Třídy podle velikosti zrna jsou přiváděny z prvního stupně vždy odpovídajícím potrubím 2 tak, že jsou z boku zaváděny do proudu dělicího vzduchu, který v pneumatických třídících 4 proudí zespodu nahoru dělicí rychlostí v_{Lc} . Lehčí částice, jejichž rychlost klesání w_g je menší, než je dělicí rychlost v_{Lc} třídícího vzduchu, jsou vždy proti směru působení jejich vlastní tíže strhávány třídícím vzduchem vzhůru, a vynášeny jako lehká frakce výstupem 6. Těžké částice padají proti vzestupnému vzduchovému proudu dolů a jsou vypouštěny výstupem 7 jako těžká frakce.

V pneumatických třídících 4 jsou nastaveny rozdílné dělicí rychlosti v_{Lc}/v_{L1} až $v_{L(m+1)}$ třídícího vzduchu, které se zjišťují pomocí výše uvedené rovnice (4). V pneumatických třídících 4 se tak daří vzhledem k předchozímu dělení výchozí směsi na úzké třídy podle velikosti zrna v podstatě úplné rozdělení každé třídy na obě složky. Lehká frakce, vystupující z výstupu 6 každého pneumatického třídíče 4 je třídícím vzduchem odváděna do sběrného potrubí 11 a obdobně je těžká frakce z jednotlivých dolních výstupů 7 odváděna do sběrného potrubí 12. Na výstupech ze sběrných potrubí 11 a 12 jsou k dispozici čistá nebo silně obohacená lehká složka jako produkt P1 ve sběrači 21 a čistá nebo silně obohacená těžká složka jako produkt P2 ve sběrači 22. Obě složky mohou být pro další použití odváděny přímo s třídícím vzduchem, nebo jsou nejprve oddělovány od třídícího vzduchu v neznázorněných odlučovačích, například v cyklonových odlučovačích nebo vzduchových filtrech,

aby pak mohly být k dispozici jako sypké hmoty. Každá lehká frakce a každá těžká frakce z pneumatických třídících 4 mohou být místo shromažďování ve sběrných potrubích odebírány jednotlivě nebo v libovolné kombinaci, např. z prvního, třetího a pátého třídícího a z druhého a čtvrtého třídícího jako konečný produkt, a to po případném předchozím oddělení od třídícího vzduchu.

Po dělení na třídy v prosévacím stroji je umožněno u jedné, více, nebo také u všech tříd podle velikosti zrna před pneumatickým tříděním selektivní drcení $\underline{Z}$ lehké složky tím, že se třída nejprve vede do drtiče a z něj teprve do příslušného pneumatického třídícího. Selektivní drcení se provádí s tím cílem, aby se dosáhlo potřebného snížení rychlosti kle-sání při následujícím pneumatickém třídění.

Případ drcení $\underline{Z}$ je na obr. 3 vyznačen pro nejhrubší třídu zrnitosti, která se odebírá z prvního síta $\underline{2}$ soupravy $\underline{1}$, která má největší dělicí mez x_1 . Tato třída je potrubím $\underline{2'}$, popřípadě pomocí neznázorněného dopravníku, vedena do schematicky znázorněného drtiče $\underline{2}$ a odtud potrubím $\underline{2''}$ do prvního pneumatického třídícího 4.

Při třídění výchozích směsí F s p složkami se třídící zařízení podle obr. 3 dá rozšířit podle obr. 4. Při tomto uspořádání se použije pro další dělení každé z $(m+1)$ tříd podle velikosti zrna, získaných ze soupravy sít, na p frakcí každé složky, třídících jednotek $\underline{10}$, tvořených každá $p-1$ suchých třídících ústrojí $\underline{V_L}$ ve formě po sobě následujících pneumatických třídících 4. Je zde tedy celkem $(m+1)$ třídících jednotek $\underline{10}$ tvořených každá $p-1$ pneumatickými třídícími 4. První pneumatické třídící každé jednotky $\underline{10}$ tvoří první stupeň $\underline{3.1}$ pneumatického třídění. Další pneumatické třídící třídících jednotek $\underline{10}$ pak postupně vytvářejí dohromady stupně $\underline{3.1}$ až $\underline{3.(p-1)}$. První pneumatický třídící 4 každé jednotky $\underline{10}$ se splní příslušnou třídou z odpovídajícího síta $\underline{2}$ soupravy $\underline{1}$, přiváděnou příslušným potrubím $\underline{2}$. Těžká frakce získávaná v každém pneumatickém třídící 4 se odebírá výstupem $\underline{7}$ a přivádí jako výchozí surovina do dalšího příslušného pneumatického třídícího v následujícím stupni $\underline{3.1}$ pneumatického třídění.

Pro třídící jednotky $\underline{10}$, rozlišované dále indexem c s číselnými hodnotami v rozmezí $1 \leq c \leq (m+1)$ a stupně $\underline{3}$ pneumatického třídění, rozlišované indexem j s číselnými hodnotami v rozmezí $1 \leq j \leq (p-1)$, se zjistí potřebné dělicí rychlosti $\underline{v_{Lj,c}}$ třídícího vzduchu při použití výše uvedené rovnice (4). Zvětšují se od stupně ke stupni. V prvním stupni $\underline{3.1}$ pneumatického třídění obsahuje každá lehká frakce, odebírána z každého třídícího 4 směrem nahoru přes výstup $\underline{6}$ s třídícím vzduchem a do sběrného potrubí $\underline{11}$, nejlehčí z p složek, která jako první čistá nebo obohacená složka tvoří produkt $\underline{P1}$ ve sběrači $\underline{S1}$. Lehké frakce vždy následujících stupňů $\underline{3.1}$ až $\underline{3.(p-1)}$ pneumatického třídění přinášejí nejblíže těžší čistou nebo obohacenou složku, která je sběrným potrubím $\underline{13}$ shromažďována ve sběrači $\underline{P3}$ na produkt, zatímco další těžší frakce jsou odebírány z dalších následujících stupňů pneumatického třídění, jako například produkt $\underline{P4}$ shromažďovaný ve sběrači $\underline{S4}$ sběrným potrubím $\underline{4}$ z horních výstupů stupně $\underline{3.(p-1)}$ pneumatického třídění. Nakonec je nejtěžší ze všech složek v tomto $(p-1)$ třídícím stupni získávána zespodu třídících a sváděna sběrným potrubím $\underline{2}$ jako produkt $\underline{P2}$ do sběrače $\underline{S2}$.

Lehké frakce každého stupně pneumatického třídění a těžká frakce posledního stupně pneumatického třídění mohou být též odebírány jednotlivě nebo v libovolné kombinaci a takto používány jako výsledný produkt. V neznázorněných odlučovačích se může provádět v návaznosti na každé pneumatické třídění oddělené odlučování každé frakce z třídícího vzduchu, nebo e takové odlučování může provádět společně v návaznosti na svedení všech odebíraných frakcí z každého příslušného stupně do sběrného potrubí.

V případě, že nejjemnější třída, která při třídění proséváním propadne sítí o nejmenší velikosti oka, tj. dělicí mezi x_m , nemá být dělena na složky a je proto odváděna čárkováně vyznačeným potrubím $\underline{8}$ bez dalšího pneumatického třídění, stačí potom m třídících jednotek $\underline{10}$. Ve druhém třídícím stupni II další snížení počtu na $m-1$ třídících jednotek $\underline{10}$,

tj. počtu třídících 4 v každém jednotlivém stupni 3 pneumatického třídění je možné, pokud se zbytek z výchozí směsi, který zůstal na nejhrubším sítu soupravy 1 s dělicí mezí x_1 , odvádí k drcení a produkt tohoto drcení se vrací do výchozí směsi, nebo se ze zpracování postupem podle vynálezu vylučuje pro jinou úpravu. Zmenšení na nejméně $0,5m+1$ pneumatických třídících je možné, není-li polovina tříd podle velikosti zrna vedena k pneumatickému třídění, kupříkladu pokud neobsahují dostatečné množství vytřídované složky. Každá třídící jednotka 10 pak bude obsahovat více než $p-1$ třídících 4, pokud složky vícesložkové výchozí směsi, které se mají vytřídovat, spolu z hlediska hustoty a/nebo tvarového odstupňování nebo odstupňování rychlosti klesání všech částic stejné velikosti nesousedí, ale obsahují mezi sebou další složku, kterou je třeba vyloučit a nějak použít.

Třídící jednotka 10 může mít méně než $p-1$ třídících, pokud ve třídě z hlediska zrnitosti, která se má dále dělit pneumatickým tříděním, jedna nebo více vytřídovaných složek není obsažena v dostatečném množství, což může nastat v nejhrubších a nejjemnějších třídách zrnitosti, jelikož se rozdělení velikostí zrna všech složek neúplně překrývají, jak je například patrné z obr. 1. Podobné platí pro další z popisovaných alternativních způsobů třídění.

Jak bylo uvedeno výše, dá se třídění způsobem podle vynálezu alternativně provádět tak, že se výchozí směs nejprve pneumaticky třídí a potom prosévá. Třídící zařízení pro provádění této alternativy jsou schematicky znázorněna na obr. 5 a 6. Obdobně jako na obr. 3 a 4 jsou zde soupravy sít a pneumatické třídíče označeny jako první třídící ústrojí X_1 a V_{L1} a druhá třídící ústrojí V_{Lj} a X_j , přičemž symbol X platí pro soupravy sít a symbol V_L pro pneumatické třídíče. Indexy 1 a j mají shora uvedené významy, přičemž stejné indexy jsou použity i pro odpovídající dělicí meze x a rychlosti klesání v_L . U třídícího zařízení podle obr. 5 se dvousložková výchozí směs F nejprve v prvním třídícím stupni I dělí na jednotlivé po sobě následující třídy z hlediska rychlosti klesání v soupravě pneumatických třídících 21. Těchto pneumatických třídících 21 je v soupravě m kusů, které dělí výchozí směs na $m+1$ po sobě následujících tříd podle rychlosti klesání. V každém po sobě následujícím pneumatickém třídíči 21 je tedy vždy větší dělicí rychlost v_{Lj+1} třídícího vzduchu. Toto odstupňování rychlostí se určí podle rovnice (3).

Ve druhém třídícím stupni II se odebraná lehká frakce z každého pneumatického třídíče, z kterého je dělicí rychlost v_{Lm} třídícího vzduchu, vystupující horním výstupem 26 spolu s třídícím vzduchem, a těžká frakce odebraná spodním výstupem 27 z posledního pneumatického třídíče, dělí proséváním na $m+1$ rovnoběžně uspořádaných sítích 24, umístěných na výstupní straně pneumatických třídících 21, a majících velikosti dělicích mezí x_c v rozmezí $1 \leq c \leq (m+1)$ a obě složky. Jednotlivé třídy podle rychlosti klesání jsou na síta 24 přiváděny potrubími 2 po odloučení z třídícího vzduchu neznázorněnými odlučovači. Jednotlivé velikosti ok sít 4, tj. dělicí meze x_c jsou voleny tak, že nejjemnější částice těžké složky jsou od nejhrubších částic lehké složky právě ještě odděleny, nanejvýše jen s malou neostrostí oddělení. Čistá nebo silně obohacená lehká složka se vždy nachází ve formě zbytku na síti a je vždy odváděna sběrnými potrubími 31 jako lehká frakce, přičemž jednotlivé lehké frakce získané dělením jednotlivých tříd z prvního třídícího stupně I jsou pak spojovány ve sběrači 31 do produktu P1. Čistá nebo silně obohacená těžká složka je naproti tomu přítomna jako propad síty a je potrubími 32 shromažďována jako těžká frakce jednotlivých tříd na konečný produkt P2 ve sběrači 32.

Při třídění vícesložkových výchozích směsí s p složkami rozdílné hustoty a/nebo tvaru a těchto jednotlivých p složek, musí být druhý třídící stupeň II, ve kterém se provádí dělení na jednotlivé frakce proséváním, rozšířen způsobem patrným z obr. 6. Zde probíhá dělení $m+1$ tříd podle rychlosti klesání, získaných v m pneumatických třídících 21 v prvním třídícím stupni I, v $m+1$ prosévacích jednotkách 22, tvořených každá soustavou 23 $p-1$ za sebou seřazených sít 24 s velikostmi dělicích mezí $x_{c,j}$ (kde index c je v rozmezí $1 \leq c \leq m+1$ značí číslo prosévací jednotky 22, kdežto index j, (ležící v rozmezí $1 \leq j \leq p$) složku, nebo prosévací stupeň nebo také síto příslušné soustavy 23. Každá třída podle rychlosti

klesání prochází vždy jednou prosévací jednotkou 22 s $p-1$ sítí 24, jejichž velikosti ok jsou odstupňovány podle na sebe navazujících rozdělení velikostí zrn složek přítomných v třídách podle rychlosti klesání. Na zbytku na prvním a tedy nejhrubším sítě 24 každé jednotky 22 (s dělicí mezi $x_{c,1}$) se obohacuje nejlehčí složka, zatímco na dalších sítích jednotek 22 (s dělicí mezi $x_{c,j}$) se s postupně klesající velikostí oka obohacují těžší složky, načež část procházející $(p-1)$ tým sítím každé jednotky 22 (s dělicí mezi $x_{c,(p-1)}$) vystupuje jako nejtěžší složka a současně nejjemnější vytrřidovaná frakce. Celkem je zapotřebí $(m+1) \cdot (p-1)$ sítí. Frakce prosévání získané soustavami 23 sítí 24 pro každou složku jsou odebírány vždy odpovídajícími sběrnými potrubími 31, 33, 34 a 35 a mohou být společně odebírány jako produkty P1, P3, P4 a P5 ve sběračích S1, S3, S4 a S5.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob suchého třídění zrnité dvou- nebo vícesložkové směsi s počtem p vytrřidovaných zrnitých polydisperzních pevných složek rozdílné hustoty a/nebo tvaru a s alespoň částečně se překrývajícími rozsahy parametrů částic, kterými jsou velikost zrna a rychlost klesání částic, přičemž přiváděná dvou- nebo vícesložková výchozí směs je podrobena dělení na jednotlivé třídy a frakce, vyznačený tím, že výchozí směs se v prvním třídícím stupni za sucha dělí na po sobě následující tak úzké třídy částic z hlediska jejich prvního parametru, že frakce částic každé vytrřidované složky z hlediska jejich druhého parametru, rozhodujícího pro následující další třídění, jsou v nich obsaženy vždy odděleně od frakcí druhých složek, nebo se s nimi jen nepatrně překrývají, načež se ve druhém třídícím stupni z každé třídy z hlediska prvního parametru částic vytrřiduje každá složka řadou po sobě následujících dalších suchých třídících pochodů, pro něž je rozhodující druhý parametr částic, a to při dělicích mezích, které odpovídají oběma mezím druhého parametru částic každé frakce, obsahující částice vytrřidované složky.

2. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že se v prvním třídícím stupni výchozí směs dělí proséváním na po sobě následující třídy podle velikosti zrna, v nichž jsou frakce každé vytrřidované složky z hlediska rychlosti klesání obsaženy odděleně nebo se jen nepatrně překrývají, načež se ve druhém třídícím stupni z každé třídy podle velikosti zrna získávají jednotlivé vytrřidované složky dělením každé třídy na frakce řadou po sobě následujících pneumatických třídících pochodů při rychlostech třídícího vzduchu, při nichž jsou alespoň v převažující míře oddělovány vždy jednak částice o nejvyšší rychlosti klesání a jednak o nejnižší rychlosti klesání z ještě získatelných částic frakce příslušné vytrřidované složky.

3. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že v prvním třídícím stupni se výchozí směs dělí pneumatickým tříděním do po sobě následujících tříd z hlediska rychlosti klesání částic, v nichž jsou obsaženy frakce jednotlivých vytrřidovaných složek z hlediska velikosti zrna odděleně nebo se navzájem jen nepatrně překrývají, načež se ve druhém třídícím stupni ze tříd dle rychlosti klesání částic po jejich odloučení od třídícího vzduchu každá vytrřidovaná složka odděluje řadou po sobě následujících prosévání každé této třídy po frakcích při dělicích mezích, při nichž se alespoň v převažující míře oddělují jednak nejhrubší a jednak nejjemnější z ještě získatelných částic frakce příslušné složky.

4. Způsob podle bodu 2, vyznačený tím, že v prvním třídícím stupni výchozí směs dělí pomocí m po sobě následujících prosévacích pochodů na $(m+1)$ po sobě následujících tříd podle velikosti zrna, přičemž jsou dělicí meze (x_i) pro po sobě následující prosévání voleny tak, že frakce z hlediska rychlosti klesání všech složek v každé třídě podle velikosti zrna jsou od sebe odděleny nebo se jen nepatrně překrývají, načež se ve druhém stupni každá z $(m+1)$ a nejméně z $(0,5m+1)$ tříd zrnitosti dělí pomocí série po sobě následujících třídících pochodů na p frakcí podle rychlosti klesání vždy jedné složky, přičemž se odebírají

vždy lehké frakce každého pneumatického třídění a vždy těžká frakce posledního třídícího pochodu, a to jednotlivě nebo v libovolném vzájemném spojení.

5. Způsob podle bodu 4, vyznačený tím, že velikost dělicí meze (x_i) prosévání se určuje z menší velikosti dělicí meze (x_{i+1}) sousedního následujícího prosévání podle rovnice

$$x_i \leq x_{i+1} \cdot \frac{n}{\sqrt{(\rho_S/\rho_L)_{\min}}},$$

kde n je parametr zohledňující stoupání křivky součinitele odporu vzduchového proudění částic při dělicí rychlosti třídícího vzduchu, přičemž tento parametr leží v rozmezí 2 a 1 a v oblasti laminárního proudění částic má hodnotu 2 a v oblasti turbulentního proudění částic má hodnotu 1 a jeho hodnota v přechodové oblasti proudění částic klesá z hodnoty 2 na hodnotu 1 přibližně úměrně s logaritmem Reynoldsova čísla, a poměr $(\rho_S/\rho_L)_{\min}$ je nejmenším poměrem hustoty ρ_S těžší složky k hustotě ρ_L lehčí složky.

6. Způsob podle bodu 3, vyznačený tím, že se výchozí směs v prvním třídícím stupni dělí pomocí (m) po sobě následujících pneumatických třídících pochodů na po sobě následující třídy z hlediska rychlostí klesání, přičemž vždy těžší třída podle rychlosti klesání prvních ($m-1$) pneumatických třídění je přiváděna do dalšího třídícího pochodu jako výchozí směs, a dělicí rychlosti pneumatického třídění (v_{Li}) po sobě následujících třídících pochodů jsou voleny tak, že frakce podle velikosti zrna všech složek v každé třídě podle rychlosti klesání jsou od sebe odděleny nebo se jen nepatrně překrývají, načež se potom ve druhém třídícím stupni každá z ($m+1$) a nejméně ($0,5m+1$) tříd z hlediska rychlosti klesání dělí pomocí série ($p-1$) po sobě následujících prosévání na p -frakci podle velikosti zrna pro každou jednotlivou složku, a frakce vždy stejné složky jsou jednotlivě nebo v libovolné vzájemné kombinaci odebírány.

7. Způsob podle bodu 5, vyznačený tím, že se dělicí rychlosti (v_{Li+1}) pneumatického třídění určí z menší dělicí rychlosti (v_{Li}) vždy předchozího nebo následujícího třídění podle rovnice

$$v_{Li+1} \leq v_{Li} \cdot \frac{n}{\sqrt{(\rho_S/\rho_L)_{\min}}},$$

kde (n) je parametr zohledňující stoupání křivky součinitele odporu vzduchového proudění částic při dělicí rychlosti třídícího vzduchu, přičemž tento parametr leží v rozmezí od 1 do 2 a v oblasti laminárního proudění má hodnotu 1 a v oblasti turbulentního proudění částic má hodnotu 2 a jeho hodnota v přechodové oblasti proudění částic stoupá přibližně úměrně s logaritmem Reynoldsova čísla z hodnoty 1 na hodnotu 2, a $(\rho_S/\rho_L)_{\min}$ značí nejmenší poměr hustoty (ρ_S) těžší složky k hustotě (ρ_L) lehčí složky.

8. Způsob podle bodů 1 až 7, vyznačený tím, že třídy prosévání nebo pneumatického třídění jsou před jejich dalším dělením nejprve podrobeny selektivnímu drcení, zaměřenému na drcení lehčích složek na menší částice.

9. Způsob podle bodů 1 až 8, vyznačený tím, že alespoň některá pneumatická třídění jsou gravitační protiproudová pneumatická třídění ve vzestupném vzduchovém proudění.

10. Způsob podle bodů 1 až 9, vyznačený tím, že alespoň některá z pneumatických třídění se provádí jako třídění s příčným prouděním.

11. Způsob podle bodů 1 až 10, vyznačený tím, že alespoň některá pneumatická třídění jsou prováděna jako pneumatická třídění s ohýbaným směrem proudění.

12. Způsob podle bodů 1 až 11, vyznačený tím, že alespoň některá z pneumatických třídění se provádí jako odstředivá pneumatická třídění.

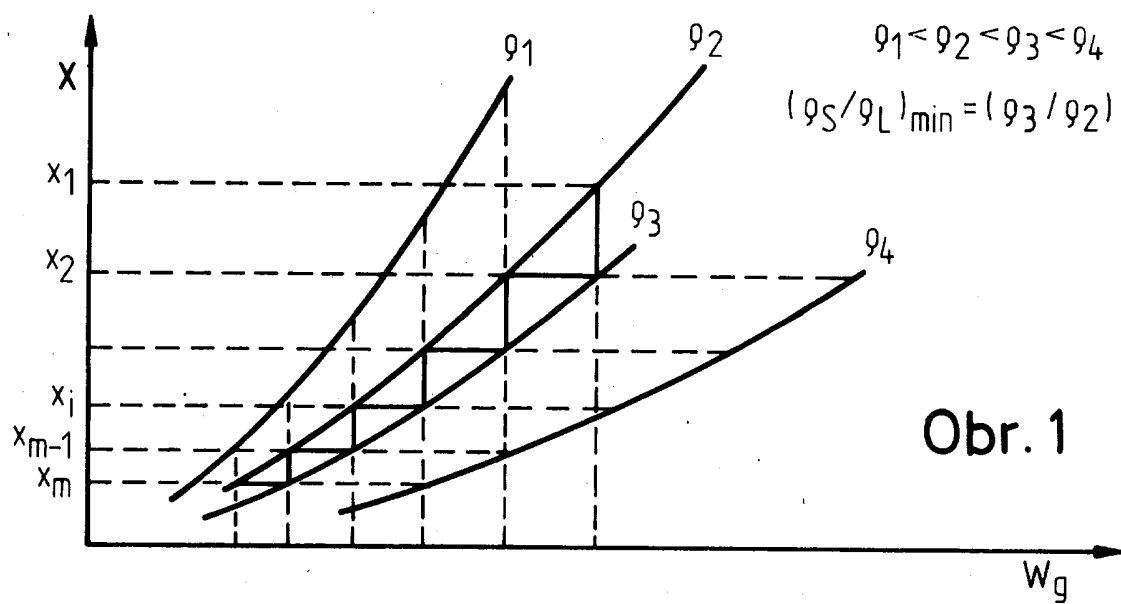
13. Třídící zařízení s ústrojími pro suché dělení dvou- nebo vícesložkových výchozích směsí sestávajících z $p \geq 2$ vytřídovaných polydisperzních složek rozdílné hustoty nebo tvaru a s alespoň částečně se překrývajícími parametry částic, kterými jsou rozsahy velikostí zrna a rychlosti klesání částic, v němž je přiváděná dvou- nebo vícesložková výchozí směs podrobena dělení na třídy nebo frakce způsobem podle bodu 1, vyznačené tím, že zahrnuje první třídící stupeň (I) se soupravou $m \geq 3$ za sebou uspořádaných prvních třídících ústrojí ($X_1, X_i, X_m, V_{Li}, V_{Lm}$) pro dělení přiváděné výchozí směsi na třídy z hlediska prvního parametru částic, a druhý třídící stupeň (II) s $(m+1)$ třídícími jednotkami ($10_1, 10_c, 10_m, 10_{m+1}, 22_1, 22_c, 22_m, 22_{m+1}$), tvořenými každá $(p-1)$ suchými třídícími ústrojími (V_{Lj}, X_j) pro dělení tříd prvního parametru částic z hlediska jejich druhého parametru, zařazenými za sebou, přičemž jeden z obou výstupů každého z prvních třídících ústrojí (X_i, V_{Li}) je napojen na vstup odpovídající třídící jednotky ($10_c, 22_c$) druhého třídícího stupně (II), a druhý výstup je napojen na vstup následujícího z prvních třídících ústrojí (X_{i+1}, V_{Li+1}), a přičemž jeden z obou výstupů každého z $(p-1)$ druhých třídících ústrojí (V_{Lj}, X_j) v každé z $(m+1)$ třídících jednotek ($10_c, 22_c$) druhého třídícího stupně (II) je napojen na sběrač (S_1, S_i, S_{p-1}) jednotlivých z $(p-1)$ složek, a druhý z obou výstupů je napojen na vstup následujícího z druhých třídících ústrojí (V_{Lj+1}, X_{j+1}), a výstup posledního z druhých třídících ústrojí (V_{Lp-1}, X_{p-1}) v každé z $(m+1)$ třídících jednotek ($10_1, 22_1$) je napojen na sběrač (S_p) poslední z (p) složek.

14. Třídící zařízení podle bodu 13, vyznačené tím, že první třídící stupeň (I) je tvořen soupravou (m) sít uspořádaných za sebou a druhý třídící stupeň (II) je tvořen $(m+1)$ jednotkami obsahujícími každá $(p-1)$ pneumatických třídících.

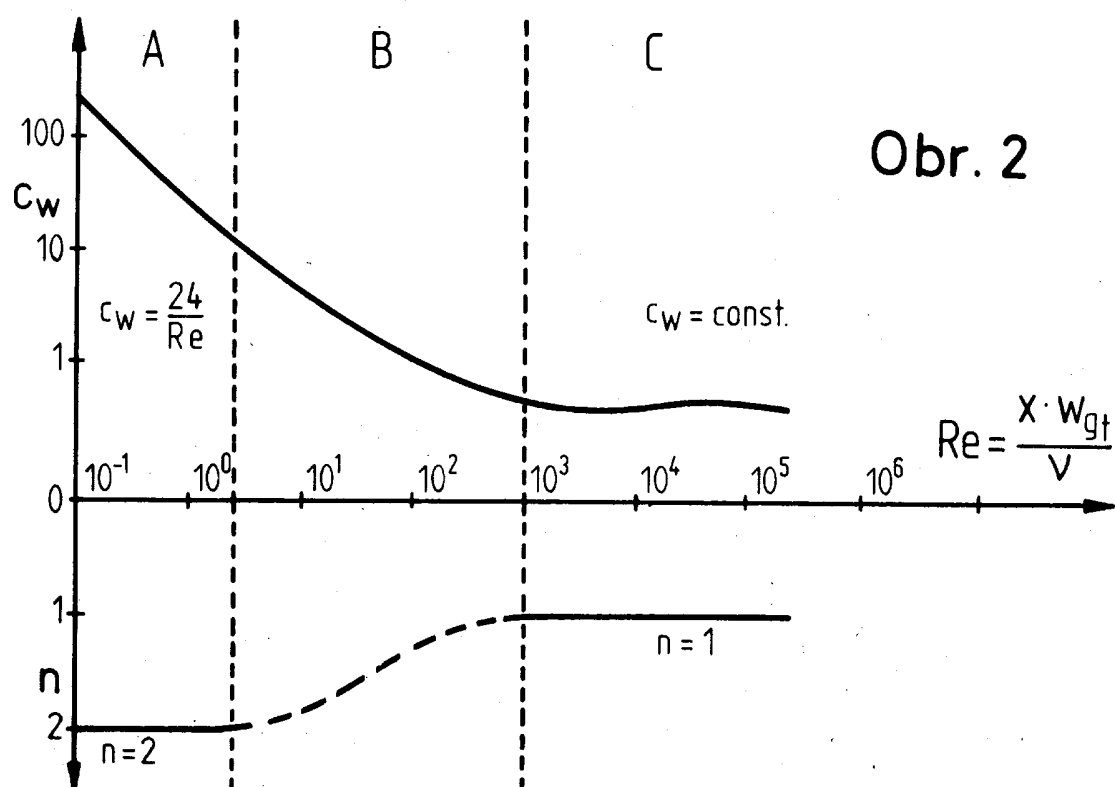
15. Třídící zařízení podle bodu 14 pro vytřídování $p = 2$ složek, vyznačené tím, že každá z $(m+1)$ jednotek je tvořena jediným pneumatickým třídícím.

16. Třídící zařízení podle bodu 13, vyznačené tím, že první třídící stupeň (I) je tvořen soupravou (m) za sebou zařazených pneumatických třídících a druhý třídící stupeň (II) je tvořen $(m+1)$ jednotkami zahrnujícími každá $(p-1)$ sít.

17. Třídící zařízení podle bodu 16 pro vytřídování $p = 2$ složek, vyznačené tím, že každá z $(m+1)$ souprav sít sestává z jediného síta pro dělení výchozí směsi na dvě složky.

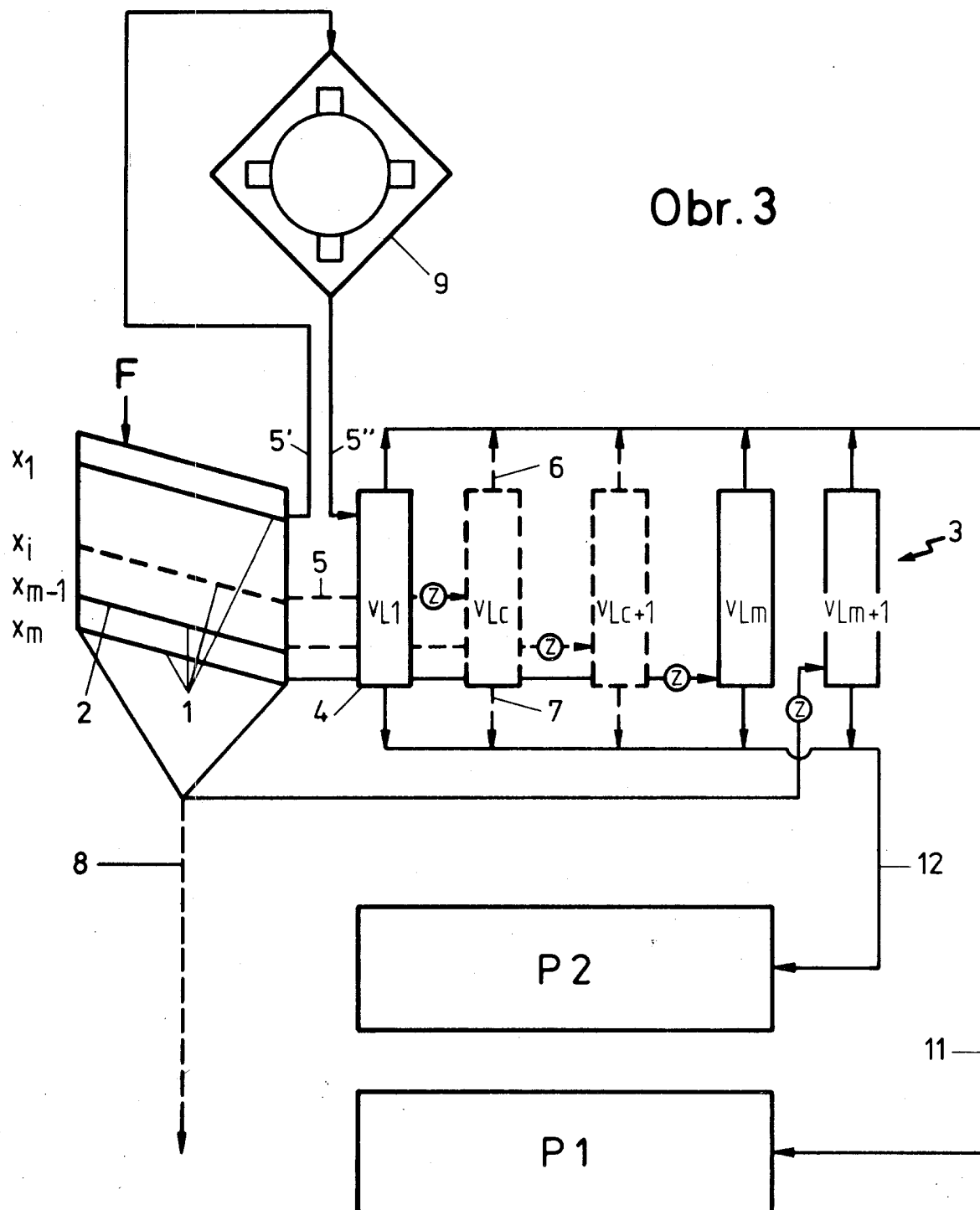


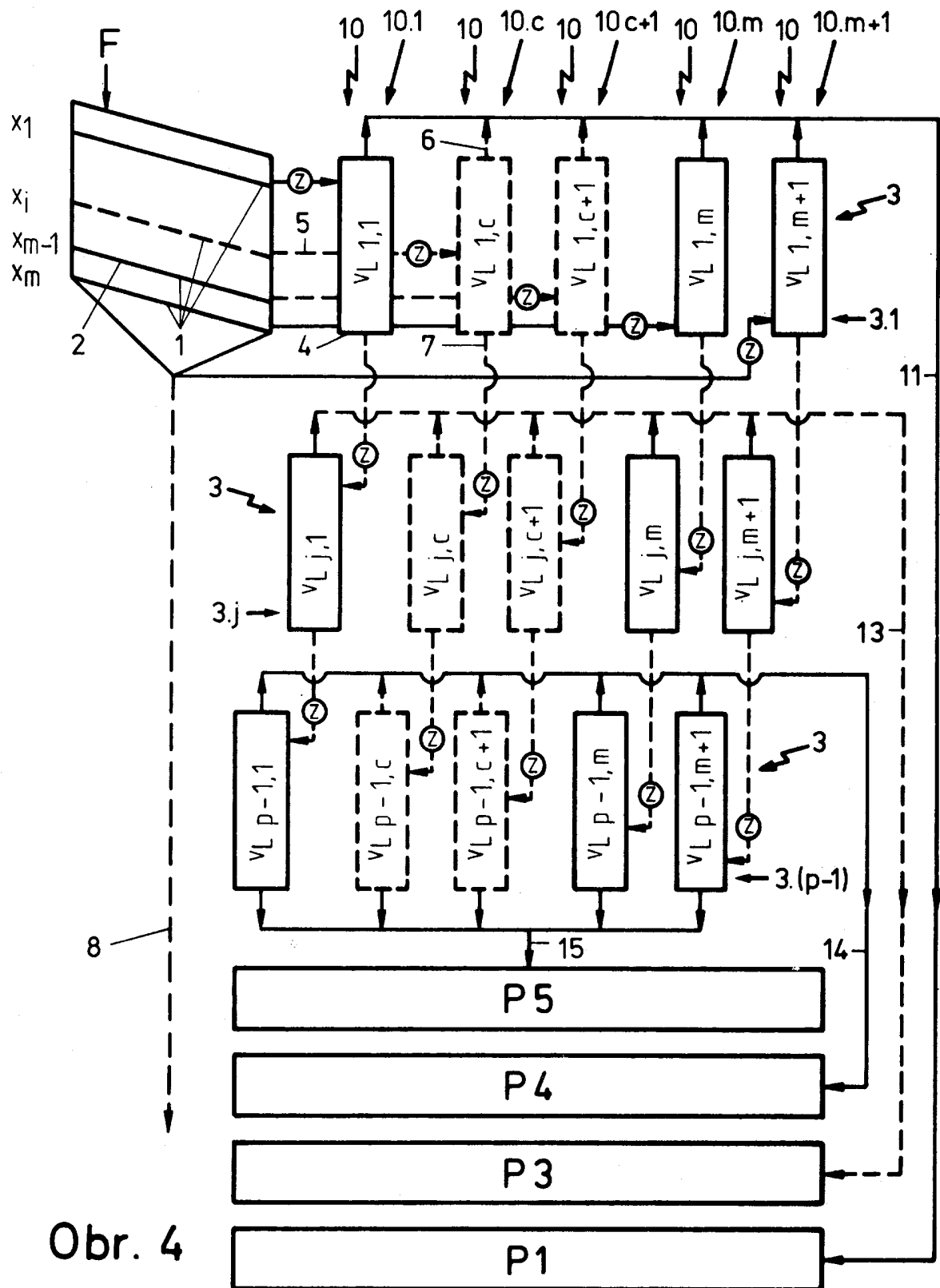
Obr. 1



Obr. 2

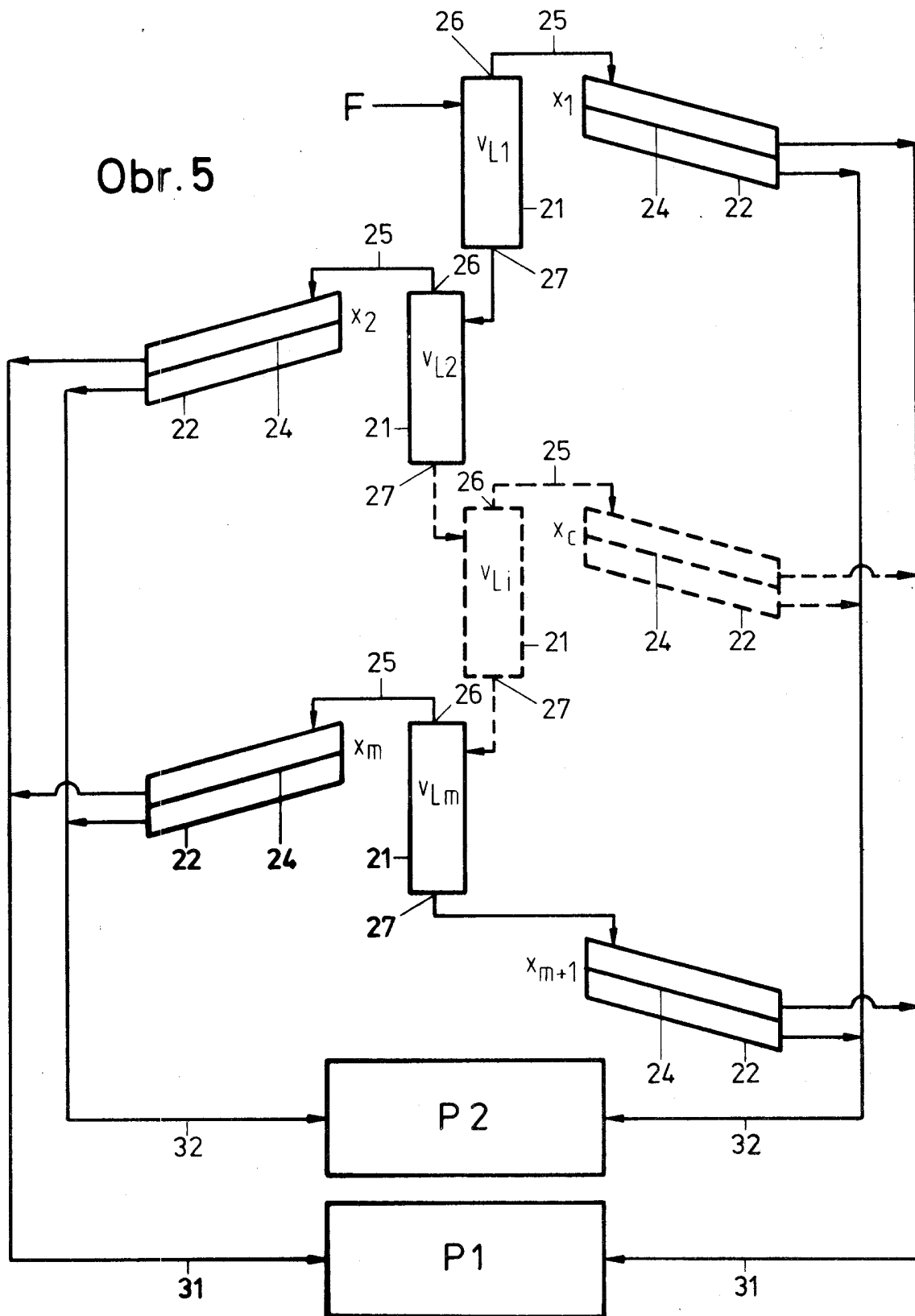
Obr. 3





Obr. 4

Obr. 5



Obr. 6

