



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

204 525

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 05 02 79
(21) PV 782-79

(51) Int. Cl.³ B 01 D 9/00

(40) Zveřejněno 31 07 80

(45) Vydáno 01 06 83

(75)
Autor vynálezu VEVERKA FRANTIŠEK RNDr., ŽELEZNICE, NÍVLT JAROSLAV ing. DrSc., ÚSTÍ NAD LABEM,
BALOUN JINDŘICH ing. a KRAJČÍ JULIÁN ing., ŽIAR NAD HRONOM

(54)

Způsob kontinuálního chlazení sytícího se systému

1

Vynález se týká způsobu kontinuálního chlazení sytícího se systému.

V řadě technologií vzniká chemickou reakcí v roztoku sloučenina, kterou se roztok sytí. Zároveň se v důsledku reakčního tepla zvyšuje teplota roztoku, kterou je třeba chlazením udržovat na požadované hodnotě. Popsaný případ je blízký procesu eloxování (anodická oxidace hliníku).

Obvyklé uspořádání takového systému je, že sytící se roztok cirkuluje přes výměník tepla. Zde se po určité době vyloučí krystaly tuhé fáze, které se v následujícím separačním uzlu oddělí a ochlazený roztok bez tuhé fáze se vrací zpět do reaktoru.

Tento způsob chlazení sytícího se roztoku má jednu nevýhodu. Tuhá fáze, která se vylučuje v chladiči ve formě suspenze, narůstá na chladičích plochách jako inkrustace a postupně snižuje prostup tepla i prostupnost chladiče natolik, že po určité době je nutno cyklus přerušit, chladič odstavit a vyčistit. Zarůstání chladičích ploch je dáno tím, že nasycený nebo dokonce mírně přesycený roztok přichází do styku s chladičím povrchem o podstatně nižší teplotě. Silně se lokálně podchlazuje a tím se vytvářejí podmínky pro

vylučování tuhé fáze na chladičí ploše. Proto je celý proces obvykle veden šaržovitě s tím, že ještě před nasycením roztoku je nutno chlazení přerušit a roztok regenerovat, (např. krystalizací) resp. roztok vyměnit.

Podstatně výhodnějším je způsob kontinuálního chlazení sytícího se systému, například v důsledku chemické reakce, podle předkládaného vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že více než polovina cirkulujícího roztoku se ochladí pouze průchodem přes teplosměnnou plochu chladiče, jejíž povrchová teplota je vyšší než teplota nasycení cirkulujícího roztoku a zbytek cirkulujícího roztoku se za současného vylučování pevné fáze ochladí průchodem přes teplosměnnou plochu krystalizátoru, jejíž povrchová teplota je nižší než teplota nasycení cirkulujícího roztoku.

Způsobem podle vynálezu se ochlazený cirkulující roztok u stěny chladičí teplosměnné plochy výměníku tepla nepřesycuje, takže se nemohou vytvářet inkrustace. Způsob je zvláště výhodný v případě, jestliže při reakci vzniká poměrně malé množství sytící látky, ale je zapotřebí odvádět velké reakční teplo. Přes chladič cirkuluje téměř veškerý ochlazený roztok, přičemž se nedosáhne přesycení potřebné k vyloučení pevné fáze, protože teplota stěny chladiče je vyšší než teplota nasycení roztoku. Zbývající část roztoku se ochladí cirkulací přes teplosměnnou plochu krystalizátoru. Tam se ochlazením na teplotu nižší než je teplota nasycení cirkulujícího roztoku vyloučí takové množství pevné fáze, aby koncentrace látky v roztoku, resp. teplota nasycení roztoku, byla nižší než teplota stěny chladiče.

Kontinuální chlazení sytícího se roztoku dle předkládaného vynálezu lze provést například tak, že ochlazený roztok cirkuluje přes paralelně zapojený výměník tepla a krystalizátor. Teplota v krystalizátoru se nastaví regulací průtoku elektrolytu přes krystalizátor a teplota chlazeného roztoku ve výměníku se nastaví regulací průtoku chladičí vody přes výměník tepla. Převážná část roztoku se ochladí cirkulací přes výměník tepla. Je samozřejmě možné i seriové zapojení chladiče a krystalizátoru, při kterém převážná část cirkulujícího roztoku prochází pouze chladičem - výměníkem tepla a zbytek cirkuluje jak přes chladič, tak i přes krystalizátor. Užitečný objem krystalizátoru a teplota v krystalizátoru musí být takový, aby teplota nasycení chlazeného roztoku byla nižší než teplota stěny výměníku tepla - chladiče. Je nutno počítat se separací pevné fáze na přepadu z krystalizátoru. Je-li separace pevné fáze na přepadu z krystalizátoru úplná, pak v ustáleném stavu se výkon krystalizátoru rovná rychlosti syčení chlazeného systému látkou. Odběr produkční suspenze je šaržovitý a prováděn tak, aby byla zachována látková bilance krystalizátoru. Potřebný užitečný objem krystalizátoru a teplotu v něm vypočteme z následujících vztahů:

Je-li separace pevné fáze na přepadu z krystalizátoru úplná, pak v ustáleném sta-

vu platí:

$$\dot{s} = \dot{P} \quad /1/$$

kde

$\dot{s}$ rychlost syčení chlazeného roztoku (kg/h)

$\dot{P}$ výkon krystalizátoru (kg/h)

Rovnovážnou koncentraci chlazeného roztoku vypočteme z látkové a tepelné bilance krystalizace:

$$\dot{P} = \dot{C} \frac{W_C - W_P}{W_C + 1} \quad /2/$$

$$\dot{Q} = \dot{C} \left[\frac{W_C - W_P}{W_C + 1} \cdot h_C + c_p (T_C - T_0) \right] \quad /3/$$

kde

W_C rovnovážná koncentrace chlazeného roztoku (kg/kg₀)

W_P koncentrace v krystalizátoru (kg/kg₀)

T_C teplota chlazeného roztoku (°C)

T_0 teplota v krystalizátoru (°C)

$\dot{P}$ výkon krystalizátoru (kg/h)

$\dot{C}$ množství chlazeného roztoku cirkulujícího přes krystalizátor (kg/h)

$\dot{Q}$ teplo odebrané roztoku, který cirkuluje přes krystalizátor (kJ/h)

c_p měrné teplo roztoku (kJ/kg deg)

h_C krystalizační teplo vylučující se látky (kJ/kg)

Z rovnic /1/, /2/ a /3/ vypočteme:

$$\dot{C} = (\dot{Q} - \dot{s}h_C) / c_p (T_C - T_0) \quad /4/$$

$$W_C = (\dot{s} + \dot{C}w_P) / (\dot{C} - \dot{s}) \quad /5/$$

Z rovnic /4/ a /5/ plyne, že rovnovážná koncentrace chlazeného roztoku je dána:

- rychlostí syčení chlazeného roztoku vylučující se látkou

204 525

- teplotou v krystalizátoru a teplotou chlazeného roztoku
- koncentrací v krystalizátoru.

Výkon chlazení v krystalizátoru vypočteme ze vztahu:

$$\dot{Q} = \left[1 - \frac{T_0 - T_p}{10^{K A/2,3} c_{pH_2O} m_{H_2O}} \right] c_{pH_2O} m_{H_2O} (T_0 - T_p) \quad /6/$$

kde

- T_p teplota chladicí vody na vstupu do krystalizátoru ($^{\circ}\text{C}$)
 A chladič plocha v krystalizátoru (m^2)
 K celkový koeficient prostupu tepla v krystalizátoru ($\text{kJ/h m}^2 \text{deg}$)
 c_{pH_2O} měrné teplo vody (kJ/kg deg)
 m_{H_2O} průtok chladicí vody (kg/h)

Z rovnice /6/ plyne, že výkon chlazení v krystalizátoru je dán:

- užitečným objemem krystalizátoru, resp. vloženou chladič plochou v tomto užitečném objemu
- parametry chladicí vody (vstupní teplota a průtok)
- teplotou v krystalizátoru

Celkový koeficient prostupu tepla se pro předpokládaný režim míchání v krystalizátoru a průtok chladicí vody odhadne.

Koncentrace v krystalizátoru je dána vztahem:

$$W_p = \left[\frac{100 \dot{s} \rho \cdot \bar{L}}{k_g \beta (V_U p \rho - 100 \dot{s} t)} \right] \frac{1}{g} + W_0 \quad /7/$$

kde

- W_C rozpustnost vylučující se látky v roztoku při teplotě v krystalizátoru (kg/kg_0)
 ρ hustota krystalů vylučující se látky (kg/m^3)
 α, β tvarové koeficienty
 k_g, g krystalizační parametry vylučující se látky
 V_U užitečný objem krystalizátoru (m^3)
 p procenta pevné fáze v krystalizátoru (% obj.)

- t doba mezi dvěma odběry pevné fáze z krystalizátoru (h)
 L střední velikost krystalů v krystalizátoru (m)

Příklad

V procesu eloxování (anodická oxidace hliníku) dochází k částečnému rozpouštění vytvářené kysličníkové vrstvy v elektrolytu. To má za následek hromadění hliníku v anodické vaně a jeho znehodnocení. Při koncentraci 12 až 15 g Al/l elektrolyt se silně zhoršuje kvalita vytvářené kysličníkové vrstvy.

Při elektrolytických dějích v anodické vaně vzniká teplo. Teplota v anodické vaně musí být nižší než 26 °C. Při teplotě vyšší se silně urychluje nežádoucí zpětné rozpouštění kysličníkové vrstvy a tím i znehodnocování elektrolytu v anodické vaně.

Větší část elektrolytu z anodické vany se ochladila cirkulací elektrolytu přes výměník tepla - chladič, zbytek cirkuloval mezi vanou a krystalizátorem, kde se vylučoval síran amonno-hlinitý. Z látkové a tepelné bilance výměníku tepla byla určena teplota stěny výměníku na 18 °C. Elektrolyt v anodické vaně se sytil rychlostí 12,6 kg $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ /h a teplota elektrolytu v anodické vaně byla 23 °C. Ze vztahů /4/, /5/, /6/, /7/ byl určen užitečný objem krystalizátoru a teplota v krystalizátoru taková, aby teplota nasycení elektrolytu v anodické vaně byla nižší než 18 °C. Chladicí voda měla vstupní teplotu 8 °C a průtok 10 m³/h. Krystalizátor obsahoval 30 % obj. pevné fáze a střední velikost krystalů v krystalizátoru se ustálila na hodnotě 0,003 m. Separace pevné fáze na přepadu z krystalizátoru byla úplná a separace produkční suspenze se prováděla jednou za 24 hodin a to tak, aby byla zachována látková bilance krystalizátoru.

Potřebný užitečný objem krystalizátoru byl 4 m³ a v tomto objemu byla vložena chladicí plocha 20 m². Regulací průtoku elektrolytu přes krystalizátor byla nastavena vypočtená teplota 13,5 °C, při které je teplota nasycení elektrolytu v anodické vaně minimální. Při této teplotě cirkulovalo přes krystalizátor 2500 kg elektrolytu/h. Zbytek elektrolytu, to je 55066 kg elektrolytu/h, cirkuloval přes výměník tepla. Po určité době se systém dostal do rovnovážného stavu z hlediska látkové bilance. Rychlost syčení elektrolytu v anodické vaně se rovnala výkonu krystalizátoru, který byl 12,6 kg $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ /h a teplota nasycení elektrolytu v anodické vaně se ustálila na rovnovážné hodnotě 17 °C.

Teplota stěny výměníku tepla byla 18 °C a teplota nasycení elektrolytu v anodické vaně byla 17 °C. Teplota nasycení elektrolytu v anodické vaně byla tedy nižší než teplota stěny výměníku tepla. Krystalizátor sloužil nejen k vylučování síranu amonno-hlinitého z elektrolytu, ale ochránil také paralelně zapojený výměník tepla před zainkrustováním a tím umožňoval kontinuální ohlazení sytícího se elektrolytu v anodické vaně.

PŘEDMĚT

VYNÁLEZU

Způsob kontinuálního chlazení sytícího se systému, například v důsledku chemické reakce vyznačený tím, že více než polovina cirkulujícího roztoku se chladí pouze průchodem přes teplosměnnou plochu chladiče, jejíž povrchová teplota je vyšší než teplota nasycení cirkulujícího roztoku a zbytek cirkulujícího roztoku se za současného vylučování pevné fáze chladí průchodem přes teplosměnnou plochu krystalizátoru, jejíž povrchová teplota je nižší než teplota nasycení cirkulujícího roztoku.