



**República Federativa do Brasil**  
Ministério da Indústria, Comércio Exterior  
e Serviços  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0910493-3 B1**

**(22) Data do Depósito:** 15/04/2009

**(45) Data de Concessão:** 23/01/2018



---

**(54) Título:** PROCESSO PARA AQUECER UMA CORRENTE CONTENDO POLÍMERO

**(51) Int.Cl.:** B01J 19/24; C08F 6/00

**(30) Prioridade Unionista:** 16/04/2008 EP 08154616.0

**(73) Titular(es):** INEOS MANUFACTURING BELGIUM NV

**(72) Inventor(es):** DANIEL MARISSAL; MARC PARISEL; BRENT WALWORTH

**PROCESSO PARA AQUECER UMA CORRENTE CONTENDO POLÍMERO**

A presente invenção se refere a aparelhos para aperfeiçoar a desgaseificação de polímeros, particularmente polímeros olefínicos.

5 A polimerização de olefinas em que um monômero olefínico e opcionalmente um co-monômero olefínico são polimerizados, normalmente na presença de um catalisador e/ou um diluente, é bem conhecida. O polímero é retirado do reator de polimerização juntamente com os reagentes e

10 hidrocarbonetos inertes. Os reagentes e hidrocarbonetos precisam ser recuperados por questões econômicas, de segurança e ambientais, e muitos processos para se realizar isto são conhecidos na técnica. Esses processos geralmente envolvem despressurizar e desvolatilizar a corrente que

15 contém polímero após ela ter sido extraída do reator de polimerização. O requisito de volatilização é maior em processos tendo polímero extraído do reator com teor de hidrocarboneto altamente absorvido ou líquido livre. Estes são tipicamente processos que produzem polímeros com um

20 componente de densidade significativamente baixa ou fase amorfa em que a absorção do hidrocarboneto é alta, e/ou processos em que o polímero é produzido na presença de hidrocarbonetos líquidos (reativos ou inertes).

A capacidade máxima das instalações em escala

25 comercial tem aumentado constantemente ao longo dos anos, e, como as taxas de produção aumentaram, o impacto potencial do custo de falta de confiabilidade em qualquer parte do processo também aumentou significativamente, refletindo-se não apenas na unidade do polímero em si, mas

30 também em unidades a jusante e a montante. Ao mesmo tempo,

a crescente experiência na operação levou à operação de concentrações cada vez mais altas do teor de sólidos (cargas) do polímero extraído dos reatores. O aumento nas concentrações de sólidos em unidades de polimerização de pasta foi tipicamente alcançado com velocidades de circulação aumentadas conseguidas, por exemplo, por exigências maiores quanto à potência dos reatores, como ilustrado pela EP 432555 e EP 891990. Este aumento nas cargas de sólidos é desejável, pois ele aumenta o tempo de residência no reator para um volume fixo de reator e também diminui os requisitos para o tratamento diluente a jusante e para a reciclagem. Entretanto, a transferência do produto com altas cargas de sólidos é mais problemática e um projeto e práticas de operação mais cuidadosas são exigidos para evitar problemas de contaminação do polímero e de obstrução que não seriam experimentados com cargas menores de sólidos.

Durante, e graças ao processo de despressurização e desvolatilização da corrente de polímero extraída do reator de polimerização, a temperatura do polímero diminui. É bem sabido que o processo de desvolatilização e dessorção do polímero é significativamente intensificado pela manutenção do polímero a uma temperatura tão alta quanto possível. Assim, em processos que envolvem pasta a linha de transferência entre o reator de polimerização e o recipiente de despressurização (desgaseificação) para a corrente de polímero está geralmente aquecida. Como exemplo de um processo típico, na WO 04/031245 e WO 05/044871 a linha de retirada de um reator de polimerização elétrico fechado compreende uma linha de inflamação contendo a pasta

retirada, cercada por um conduto que é alimentado com um fluido aquecido tal como vapor a baixa pressão para proporcionar aquecimento indireto para a pasta. Entretanto, também é bem sabido que o estado pegajoso do polímero que está sendo transferido, e a sua suscetibilidade a aglomerar-se e/ou a contaminar linhas de transferência e recipientes, geralmente aumenta com o aumento da temperatura e a diminuição da velocidade, e problemas de contaminação ou aglomeração estão se tornando mais significativos com as crescentes cargas de sólidos no sistema de transferência utilizado no momento, conforme mencionado acima. O resultado é que um cuidadoso projeto da linha de transferência vinda do reator de polimerização é exigido para se atingir aquecimento suficiente que ajude na desvolatilização sem o risco de contaminação ou aglomeração do polímero sólido.

A desvolatilização da corrente de polímero faz com que a fase líquida da corrente se vaporize, o que resulta num aumento no volume na linha de transferência e consequente aumento na velocidade de corrente. Entretanto se a velocidade se torna muito alta, ela pode exceder a velocidade sônica (a velocidade do som no meio), levando à interrupção do fluxo. Por outro lado, se a velocidade inicial for muito baixa há um risco maior de contaminação ou aglomeração do polímero sólido como mencionado acima.

Uma outra consideração é que em instalações grandes a linha de transferência tem de ser muito longa para permitir que aconteça aquecimento suficiente, e a extensão pode ser grande o bastante para ter um impacto no planejamento espacial da instalação. Isso pode criar vários problemas

tais como marcas do hardware na instalação, e controle das condições dentro da linha. Frequentemente é necessário aquecer uma proporção significativa da linha de transferência para satisfazer as exigências ligadas à  
5 passagem de calor. Portanto será constatado que assegurar que a corrente de polímero chegue ao recipiente de desgaseificação na temperatura e pressão desejadas e com um mínimo de contaminação/aglomeração é um significativo desafio técnico.

10 A GB 2157701A descreve um processo no qual uma pasta de polímero é descarregada de uma zona de alta pressão em uma zona de baixa pressão via uma tubulação que é cercada por diversos aquecedores, e que pode aumentar de diâmetro na direção do fluxo. Típicas velocidades de entrada para a  
15 pasta são 3-20 m/s, e típicas velocidades de saída são 14-150 m/s. O fluxo de pasta é controlado ajustando-se a queda de pressão tubulação abaixo, acrescentando-se mais diluente e vaporizando o mesmo e opcionalmente também se trocando o número de aquecedores em funcionamento para ajustar a  
20 quantidade de vapor. Não há menção de contaminação ou problemas associados a ela.

A presente invenção busca otimizar o aquecimento do polímero durante a sua transferência do reator para o recipiente de desgaseificação e ao mesmo tempo minimizar o  
25 risco de contaminação. Constatamos que isso pode ser feito sem o acréscimo de mais diluentes ou de outros hidrocarbonetos na corrente que contém polímero.

Consequentemente em um primeiro aspecto a invenção proporciona um processo para aquecer uma corrente contendo  
30 polímero que está sendo transferida de um reator de

polimerização para uma zona ou dispositivo de separação, compreendendo passar a corrente através de um aquecedor que compreende passar a corrente através de um aquecedor compreendendo pelo menos uma linha de transferência para a corrente e meio para aquecer a linha de transferência, em que o tamanho médio de partícula do polímero sólido é menor que 3 mm, a vazão de fluxo de massa da corrente que contém polímero que sai do aquecedor não é mais que 15% maior que a vazão de fluxo de massa que sai do reator, a velocidade média da corrente que contém polímero, num ponto situado a 80% de toda a extensão da parte aquecida da linha de transferência medida a partir da entrada da linha de transferência, ou na saída da linha de transferência, é de pelo menos 6 m/s, preferivelmente pelo menos 8 m/s e mais preferivelmente pelo menos 10 m/s, e a queda de pressão através da linha de transferência por unidade de extensão está preferivelmente entre 1 kPa/m e 20 kPa/m, preferivelmente entre 1,25 kPa/m e 10 kPa/m, mais preferivelmente entre 1,25 kPa/m e 4 kPa/m.

A velocidade mínima por 80% ao longo da extensão da parte aquecida da linha de transferência é exigida a fim de reduzir o risco de contaminação. Geralmente se a velocidade média da corrente que contém polímero por 80% ao longo da extensão da parte aquecida da linha de transferência for maior que 6 m/s, ela também vai ser maior do que 6 m/s na saída da linha de transferência (onde ela é mais convenientemente medida). Entretanto a invenção também abrange a possibilidade de que a velocidade na saída seja menor que 6 m/s, por exemplo, devido a uma forma de construção particular na saída.

Também é preferido que a velocidade média da corrente que contém polímero a 80% de toda a extensão da parte aquecida da entrada da linha de transferência seja igual ou maior que sua velocidade média a 20% de toda a extensão da parte aquecida da linha de transferência.

Será visto que a corrente que contém polímero passa através de algum tipo de tubulação todo o tempo desde o momento em que deixa o reator de polimerização até entrar no recipiente de desgaseificação. Para os propósitos desta invenção, o aquecedor é considerado como compreendendo a parte da tubulação a partir do começo da seção aquecida da linha de transferência (ou a primeira das seções aquecidas) até o fim da seção aquecida (ou a última das seções aquecidas). Nesse contexto o termo "linha de transferência" ou "aquecedor" como usado daqui em diante inclui no seu escopo a possibilidade de várias seções aquecidas conectadas em série. A saída do aquecedor (ou linha de transferência do aquecedor) é considerada como estando no fim da seção aquecida da linha, e a entrada do aquecedor é considerada como estando no início da seção aquecida da linha, onde a seção aquecida da linha incorpora as seções aquecidas avulsas ou seções aquecidas múltiplas em série. No caso em que a linha consiste de diversas seções aquecidas separadas, uma ou mais dessas seções pode estar separada por uma válvula de controle de pressão. Por "linha" se quer indicar qualquer forma de conduto adequado para transportar uma corrente que contém polímero contendo sólidos, líquido e gás. Isso pode incluir uma pluralidade de tubos ou outros condutos em paralelo, fechados dentro de uma única unidade de aquecimento.

Ao se considerar a construção do aquecedor descrito adiante, a extensão L é considerada como sendo a extensão total desde a entrada do aquecedor até a saída do aquecedor. Entretanto ao se considerar a extensão da "parte aquecida da linha de transferência", essa extensão exclui quaisquer seções não-aquecidas. Assim no caso em que um aquecedor compreende diversas seções aquecidas unidas por seções não-aquecidas, a extensão L do aquecedor é a extensão total das seções aquecidas e não-aquecidas, enquanto que a extensão da "parte aquecida da linha de transferência" é apenas a extensão das seções aquecidas. Ao longo de 20% de toda a extensão da parte aquecida da linha transferência assim significa ao longo de 20% da extensão total das seções aquecidas apenas, como medido a partir do início da primeira seção aquecida.

A **velocidade** da corrente que contém polímero é definida como a vazão de fluxo volumétrico da corrente que contém polímero dividida pela seção transversal da trajetória do fluxo da corrente.

Por "**velocidade média**" entende-se a velocidade média medida por um período de pelo menos 5 minutos, mas não maior que uma hora através de toda a extensão transversal da corrente em qualquer ponto ao longo da extensão da linha de transferência. Em algumas operações conhecidas, a passagem da corrente que contém polímero para a linha de transferência é descontínua, uma vez que a corrente é primeiramente descarregada do reator para pernas de sedimentação, as quais por si próprias descarregam para a linha de transferência somente quando estão cheias. Embora a passagem para a linha de transferência possa ser

suavizada pelo uso de diversas pernas de sedimentação que encherão e descarregarão sequencialmente, a vazão de fluxo e, portanto, a velocidade da corrente na linha de transferência não é constante. A variação na vazão de fluxo também pode ocorrer em descarga contínua quando a válvula que controla a descarga é movida periodicamente a fim de evitar acúmulo de polímero e possível contaminação. Deste modo é importante considerar uma velocidade média ao longo de um período de tempo e não a velocidade num dado instante.

A **vazão de fluxo volumétrico** é a soma dos fluxos volumétricos de cada uma das fases sólida, líquida e gasosa. A quantidade de gás e líquido, e suas respectivas densidades são calculadas, onde apropriado, com base nas propriedades do equilíbrio termodinâmico que normalmente requerem equilíbrio térmico, composição, pressão e temperatura da corrente. Para uma dada mistura, em qualquer ponto do aquecedor, a fração de vapor é uma função de pressão e temperatura. Como o gradiente de pressão através de um tubo também é uma função da fração de vapor e propriedades físicas (também são a pressão e a temperatura) o fluxo de massa, a transferência de calor e o equilíbrio termodinâmico podem ser resolvidos em conjunto. As equações básicas para estabelecer o gradiente de pressão no fluxo de três fases Vapor-Líquido-Polímero são as equações de conservação de momento e de energia.

A velocidade média da corrente que contém polímero a 80% de toda a extensão da parte aquecida da linha de transferência medida a partir da entrada da linha de transferência é de, preferivelmente, pelo menos 20 m/s,

preferivelmente pelo menos 30 m/s.

É preferido que a vazão de fluxo de massa da corrente que contém polímero que sai do aquecedor não seja mais que 5% maior do que a vazão de fluxo de massa que sai do reator, e mais preferivelmente que seja a mesma ou menor que aquela que sai do reator. Em outras palavras, é preferido que nenhum fluido adicional seja acrescentado à corrente que contém polímero desde que esta deixa o reator até quando sai do aquecedor.

Em uma configuração da invenção, a vazão de fluxo de massa da corrente que contém polímero varia em menos de 20% (com base na vazão de fluxo máxima) durante qualquer período de uma hora; isso é consistente com um fluxo contínuo para dentro da linha de transferência, devido à contínua descarga proveniente do reator de polimerização. Em uma modalidade alternativa, a vazão de fluxo de massa varia em mais de 20% (com base na vazão de fluxo máxima), o que é consistente com uma descarga contínua do reator.

O aquecimento e despressurização da corrente de polímero à medida que ela se desloca ao longo da linha de transferência para o recipiente de desgaseificação provoca uma vaporização progressiva do líquido na corrente e um consequente aumento na velocidade ao longo da linha. Existem exigências conflitantes para serem cumpridas ao se projetar a linha de transferência a fim de assegurar um polímero eficaz e confiável e transferência de calor. Embora altas velocidades intensifiquem a transferência de calor e em geral minimizem a contaminação, elas também levam a altas quedas de pressão ao longo da linha. Portanto, é importante ser capaz de otimizar a extensão e o

diâmetro da linha de transferência mantendo ao mesmo tempo a área de transferência térmica e o coeficiente de transferência térmica exigidos, para que se obtenha um polímero suficientemente desvolatilizado a uma temperatura  
5 aceitável.

A contaminação ocorre mais comumente quando se combina baixa velocidade com alta temperatura. Ao longo de toda a extensão da linha de transferência existem diversos regimes hidráulicos que modificam o coeficiente geral de  
10 transferência térmica entre a parede e o fluido. Acima de uma determinada temperatura de parede, o líquido não pode mais coexistir com a superfície metálica, e a superfície da parede fica cercada por uma película de vapor estável que reduz o coeficiente de transferência térmica (fluxo da  
15 película). Isso começa tipicamente dentro dos primeiros 20% da extensão da parte aquecida da linha de transferência. Entretanto a crescentes valores de temperatura com alto delta, a transferência térmica por radiação através da película de vapor se torna significativa e o fluxo térmico  
20 começa a crescer novamente. À medida que a fração de vapor continua a crescer, ocorre um fluxo de névoa: o líquido é disperso em gotículas dentro de uma fase de vapor contínua que provoca um impacto no coeficiente de transferência térmica. O regime de fluxo de névoa normalmente começa após  
25 60% da extensão da parte aquecida da linha de transferência, mais normalmente entre 60 e 80% ao longo dessa extensão. Assim, de acordo com a invenção é normal que velocidade média na região de fluxo de névoa seja igual ou maior que aquela na região de fluxo de película.  
30 Preferivelmente a velocidade média em qualquer ponto na

região de fluxo de névoa é de pelo menos 4 m/s, mais preferivelmente pelo menos 6 m/s, ou mesmo de pelo menos 10 m/s. Quando quase todo o líquido é evaporado, ocorre um regime convectivo puro.

5 Preferivelmente a relação entre a velocidade média da corrente que contém polímero a 80% de toda a extensão da parte aquecida da linha de transferência, e a sua velocidade média num ponto a 20% de toda a extensão da parte aquecida da linha de transferência é maior do que  
10 1,1, e mais preferivelmente maior que 1,3.

Também é preferido que a relação entre a velocidade média da corrente que contém polímero na entrada da parte aquecida da linha de transferência,  $V_o$ , e a sua velocidade média na saída da parte aquecida da linha de transferência  
15  $V_i$  seja maior do que 1,1, e mais preferivelmente maior que 1,3. Valores típicos para  $V_i$  são 2-20 m/s, e valores típicos para  $V_o$  são 5-80 m/s. É preferido que a velocidade média na entrada  $V_i$  seja de pelo menos 2 m/s, preferivelmente pelo menos 5 m/s e mais preferivelmente 8  
20 m/s. Também é desejável manter a velocidade abaixo da velocidade sônica. Consequentemente é preferido que a velocidade média na saída  $V_o$  seja menor que 80 m/s, preferivelmente menor que 70 m/s. Tipicamente  $V_o/V_i$  é pelo menos 1,1, mais normalmente entre 1,2 e 15, preferivelmente  
25 entre 1,4 e 10, mais preferivelmente entre 1,5 e 4.

Com relação ao tamanho médio de partícula do polímero sólido na corrente que contém polímero, **tamanho médio de partícula** é definido como o tamanho em que 50% em peso das partículas são reunidas utilizando-se granulometria de  
30 peneiramento conforme partícula ASTM D-1921 (análise de

peneira) de Materiais Plásticos, Método A. O teor de sólidos da corrente que contém polímeros tem um impacto significativo no requisito relativo ao aquecimento na linha de transferência. Se a corrente que está entrando na linha de transferência tem um alto teor de sólidos, não só a quantidade relativa de líquido que deve ser aquecida e/ou evaporada é reduzida, mas o polímero sólido na entrada pode estar mais quente que a temperatura da corrente na saída, e, portanto, está portando uma quantidade de calor significativa para a linha de transferência. É importante que o tamanho médio de partícula do polímero sólido seja de menos que 3 mm porque quanto menor o tamanho médio de partícula, mais rápida a troca de calor entre as partículas sólidas e o fluido circundante. À medida que a pressão cai na linha de transferência e o fluido circundante é vaporizado ele se resfria, enquanto que as partículas sólidas continuam quentes. Portanto é desejável transferir o calor das partículas para o fluido circundante o mais rápido possível. Quando o tamanho de partícula médio é menor do que 3 mm, a transferência térmica é rápida o suficiente para que o sólido e o fluido tenham aproximadamente a mesma temperatura, e o sólido possa ser considerado como estando razoavelmente em equilíbrio térmico com o corpo de fluido.

É preferido que o tamanho de partícula médio do polímero sólido seja menor que 2 mm, e mais preferivelmente menor que 1 mm. O tamanho de partícula médio pode ser até mais baixo, como, por exemplo, 800 µm ou mesmo 600 µm.

É preferido que a temperatura da corrente que contém polímero na saída da linha de transferência esteja acima do

ponto de orvalho da corrente. Preferivelmente, a temperatura da corrente que contém polímero na saída do aquecedor é de 5-80°C, mais preferivelmente 10-40°C, acima do ponto de orvalho da corrente.

5 Também é preferido que a temperatura da corrente em si ao longo da extensão aquecida da linha de transferência seja mantida abaixo do ponto de amolecimento do polímero, em que o ponto de amolecimento do polímero é definido como a temperatura de amolecimento Vicat conforme ASTM D1525,  
10 ISO 306 sob uma carga de 10 N. Esta é a temperatura à qual uma agulha de extremidade plana penetra uma amostra do polímero até uma profundidade de 1 mm sob uma carga de 10 N. A temperatura reflete o ponto de amolecimento a ser esperado quando um material é usado em uma aplicação de  
15 temperatura elevada. Uma amostra teste, que tem uma espessura entre 3 mm e 6,5 mm e pelo menos 10 mm de largura e extensão, é colocada no aparelho de teste (por exemplo, um Sistema ROSAND ASP 6 HDT/VICAT) de modo que a agulha de penetração, que possui uma área de seção transversal na sua  
20 ponta de 1 mm<sup>2</sup>, repouse na superfície da amostra a pelo menos 1 mm da borda. Uma carga de 10 N é aplicada à amostra. A amostra então é baixada em um banho de óleo a 23°C. O banho é elevado a uma razão de 50°C por hora até que a agulha penetre 1 mm; a temperatura à qual isto ocorre  
25 é a temperatura de amolecimento Vicat.

O calor normalmente é transferido para a corrente que contém polímero pelo aquecimento da superfície interna da linha de transferência utilizando-se um meio de aquecimento em contato com a superfície externa da linha. Assim a  
30 passagem de calor para a corrente normalmente é ajustada

alterando-se a temperatura da superfície interna da linha de transferência. Isto normalmente é feito alterando-se a temperatura do meio de aquecimento que está em contato com a superfície externa. Além disso, ou ao invés disso, a  
5 passagem de calor para a corrente pode ser ajustada alterando-se o tamanho da área aquecida da linha de transferência. Por exemplo, se a linha de transferência consiste de diversas seções aquecidas separadas, a passagem total de calor para a corrente pode ser parcialmente  
10 controlada ajustando-se a temperatura de cada uma das seções aquecidas, ou alterando-se o número de seções aquecidas, i.e., ativando ou desativando a passagem de calor para uma ou mais das seções aquecidas. Em uma modalidade, a passagem total de calor para a corrente é  
15 ajustada alterando-se apenas a temperatura da superfície interna da linha de transferência na porção situada de 60% a 100% de sua extensão aquecida, ou mesmo somente na porção situada de 80% a 100% de sua extensão aquecida. Também é possível que seja usada uma combinação destes, isto é,  
20 mudar a área que está sendo aquecida e mudar a temperatura do meio de aquecimento.

É preferido que a temperatura da superfície interna da linha de transferência de 50% a 100% ao longo de sua extensão aquecida seja mantida abaixo do ponto de  
25 amolecimento do polímero, mais preferivelmente, que a temperatura da superfície interna da linha de transferência ao longo de sua extensão aquecida seja mantida abaixo do ponto de amolecimento do polímero.

Mantendo-se a temperatura da corrente que contém  
30 polímero na saída do aquecedor acima do ponto de orvalho da

corrente, mas a superfície interna da linha de transferência abaixo do ponto de amolecimento do polímero, é possível assegurar que todo o líquido na corrente vai se vaporizar quando a corrente chegar na saída do aquecedor, mas ao mesmo tempo o risco de contaminação é minimizado. No caso do aquecedor estar posicionado entre um reator de polimerização e um recipiente de desgaseificação, a temperatura da superfície interna da linha de transferência pode ser mantida acima da temperatura do reator. Para um polímero com uma densidade de 935-945 kg/m<sup>3</sup>, a temperatura da parede lateral utilizada no processo é tipicamente controlada entre 75 e 130°C, preferivelmente entre 85 e 105°C. Para um polímero com uma densidade entre 955-965 kg/m<sup>3</sup> a temperatura da parede lateral utilizada no processo é tipicamente controlada entre 80 e 135°C, preferivelmente entre 95 e 110°C.

A corrente que contém polímero é preferivelmente extraída de um reator de polimerização antes da entrada na linha de transferência, e a linha de transferência está, portanto, diretamente ligada ao reator de polimerização. Também é preferido que a saída da linha de transferência esteja conectada diretamente a um recipiente coletor ou separador de pó que seja mantido de preferência a uma pressão tal que a maior parte do vapor recuperado possa ser condensado e recuperado sem necessidade de recompressão. Este recipiente está normalmente à montante do tratamento e extrusão finais do polímero ou a montante de um outro reator de polimerização. A corrente pode ser extraída continuamente do reator de polimerização, e pode conter ou não polímero ativo.

A pressão típica na entrada do aquecedor,  $P_i$ , é de 500-3000 kPa, preferivelmente 1000-2500 kPa. A pressão na saída  $P_o$  é tipicamente de 150-2000 kPa, preferivelmente 700-1100 kPa. No caso em que a linha de transferência está posicionada entre um reator de polimerização e um recipiente de desgaseificação, a queda de pressão na linha de transferência está tipicamente entre 5% e 50%, preferivelmente entre 10% e 35%, da queda total de pressão entre o reator de polimerização e a entrada para o recipiente de desgaseificação.

Em uma modalidade preferida do processo da invenção, no caso em que o aquecedor está posicionado entre um reator de polimerização e um recipiente de desgaseificação, a corrente que contém polímero é aquecida de modo que pelo menos 90% em mol, preferivelmente 98% em mol, e de maneira ideal 100% em mol dos fluidos de hidrocarbonetos extraídos da operação no reator de polimerização sejam vaporizados antes de entrarem no recipiente de desgaseificação. O recipiente de desgaseificação opera preferivelmente a uma pressão maior que 200 kPa, mais preferivelmente entre 600 kPa e 1200 kPa, enquanto mantém uma queda de pressão através da extensão do aquecedor de menos que 50 kPa por ton/hora de produção de polímero, mais preferivelmente entre 10 kPa por te/h e 30 kPa por te/h. Constatou-se que esta queda de pressão otimizada por unidade de produção pode ser operada confiavelmente mesmo com altas cargas de sólidos entrando no aquecedor. É preferido que o teor de sólidos da corrente que contém polímero esteja entre 35% em peso e 70% em peso, mais preferivelmente entre 50% em peso e 65% em peso quando a corrente entra no aquecedor, e

também é preferido que a velocidade da corrente na entrada para o aquecedor não varie em mais de 15%, preferivelmente não mais que 5%, em qualquer período de 30 segundos. Uma forma pela qual isso pode ser conseguido é pelo uso de uma retirada contínua e não descontínua do reator de polimerização. Esta operação de carregamento com alto teor de sólidos combinada com o aquecedor de diâmetro expandido permite que a queda de pressão do aquecedor seja minimizada.

Com relação à construção do aquecedor propriamente dito, é preferido que a razão entre o diâmetro da saída da linha de transferência  $D_o$  e seu diâmetro interno  $D_i$ ,  $D_o/D_i$ , seja maior que 1, preferivelmente entre 1,2 e 10. Tipicamente ela é de pelo menos 1,3, e comumente pelo menos 1,4. Entretanto, esta razão preferivelmente não é maior que 4, e mais preferivelmente não maior que 2, com um máximo de 1,9 sendo mais preferido. Também é preferido que a razão entre o diâmetro da linha de transferência por 80% ao longo de sua extensão aquecida,  $D_{80}$ , e o diâmetro por 20% ao longo de sua extensão aquecida,  $D_{20}$ , seja maior que 1, de preferência maior que 1,2 e mais preferivelmente maior que 1,3.

Constatamos que aumentar o diâmetro da linha de transferência ao longo da sua extensão permite que uma faixa maior de vazões de fluxo de corrente sejam absorvidas pelo aquecedor. Um diâmetro relativamente pequeno na entrada permite uma velocidade relativamente alta mesmo com baixas vazões de fluxo, reduzindo o risco de contaminação; embora um diâmetro relativamente maior na saída possa evitar o risco da velocidade exceder a velocidade sônica

mesmo a altas vazões de fluxo. Ter tal amplitude de possibilidades é particularmente de valor durante operações de inicialização e de interrupção. A fim de reduzir o risco de obstruções a jusante também é preferido que o diâmetro  $D_o$  da linha de transferência seja menor que a saída de sólidos do recipiente de desgaseificação.  $D_o$  é definido como o diâmetro interno da linha de transferência na sua saída, e  $D_i$  é o diâmetro interno da linha de transferência em sua entrada, onde a saída e a entrada da linha de transferência são definidas conforme descrito anteriormente.

O diâmetro interno  $D$  da linha de transferência é de preferência de pelo menos 20 mm, e mais usualmente entre 40 mm e 200 mm. Mais preferidos são diâmetros internos entre 60 mm e 150 mm.

A extensão total  $L$  do aquecedor (incluindo seções aquecidas e não-aquecidas), e, portanto da linha de transferência, é preferivelmente de pelo menos 20 m, mais preferivelmente pelo menos 30 m, mas normalmente não é de mais que 600 m. Uma faixa preferida de extensões é de 50 m a 500 m, mais preferivelmente de 70 m a 300 m.

É preferido que a relação entre a extensão  $L$  da linha de transferência e o seu diâmetro interno médio  $D_{ave}L/D_{ave}$  seja de 500 a 10000, de preferência de 1500 a 3500, e mais preferivelmente de 2000 a 3000. Se a linha de transferência for construída a partir de diversas seções, cada uma com diâmetro diferente,  $D_{ave}$  é o diâmetro interno médio daquelas seções ponderadas conforme a extensão de cada seção; alternativamente ele pode ser calculado fazendo-se referência ao volume interno total  $v$  da linha, onde  $v =$

$(\pi D_{ave}^2 \cdot L) / 4$ .

Se a linha de transferência aumenta em diâmetro ao longo de sua extensão, é preferido que esse aumento ocorra em etapas separadas ao invés de continuamente, com porções intermediárias da linha de transferência tendo um diâmetro constante. Tipicamente, há um, dois ou três aumentos no diâmetro ao longo da extensão do tubo, usualmente criados por uma peça de conexão cônica entre as duas seções de diâmetro diferente. É preferido que a velocidade média da corrente que contém polímero imediatamente após um aumento no diâmetro da linha de transferência seja mais alta que a velocidade na entrada da linha de transferência  $V_i$ .

É preferido que uma ou todas as seções da linha sejam geralmente verticais ao invés de montadas horizontalmente, pois isso reduz o risco de sedimentação e, portanto, de contaminação, bem como assegura que a linha sofra uma moessa menor na instalação: em tal configuração, a primeira seção da linha tem sua entrada preferivelmente no fundo de modo que o fluxo inicial de material através da linha de transferência seja ascendente. É preferido que menos de 20% mais preferivelmente menos que 10% da extensão da linha de transferência seja horizontal, e de maneira ideal a linha é construída substancialmente sem seções horizontais. Em uma modalidade pelo menos a entrada e a saída da linha de transferência aquecida são orientadas verticalmente de modo que o fluxo de entrada através da linha seja ascendente e o fluxo de saída da linha seja descendente. Em uma modalidade da invenção, a linha de transferência compreende uma série de seções conectadas por dobras (cotovelos), que são tipicamente em forma de U, de modo que a linha faz uma

volta sobre si mesma uma ou mais vezes. A vantagem desta configuração é que ela faz a linha de transferência mais compacta na instalação. As seções entre os cotovelos são normalmente retas. As dobras podem ser aquecidas como o resto da linha, mas normalmente - a fim de simplificar a construção do aquecedor - elas não são aquecidas. Também se prefere geralmente que qualquer expansão no diâmetro da linha ocorra em uma seção não-aquecida da linha; portanto seções da linha podem ser de diferentes diâmetros com os aumentos em diâmetro ocorrendo em um ou mais dos cotovelos, preferivelmente na saída do cotovelo de modo que a velocidade diminui na saída do cotovelo e não na sua entrada, e mais preferivelmente na saída de um cotovelo no topo de uma seção verticalmente aquecida. O desenho das seções de expansão e as dobras na linha de transferência são a chave para uma operação confiável sem contaminação. O número de seções verticais ou horizontais entre cotovelos que perfazem o total da linha de transferência pode ser de 2 a 10, embora 3 a 7 seções sejam mais comuns.

Os cotovelos da linha de transferência podem ter graus variados de curvatura. O raio da curva definido pelo cotovelo pode ser expresso como um múltiplo do diâmetro  $D$  da linha naquele ponto. Os cotovelos tipicamente têm raios entre  $3D$  e  $30D$ , com  $5D$ - $20D$  sendo mais preferidos para assegurar uma operação confiável sem contaminação enquanto também minimizam a moça da linha. Conforme afirmado previamente os cotovelos são preferivelmente em forma de U, embora opções alternativas como cotovelos em forma de L que permitem uma trajetória de fluxo suave não estejam excluídos. Obviamente uma linha de transferência formada em

seções pode empregar uma mistura dos tipos de cotovelo citados acima, ou na verdade cotovelos de outros ângulos tais como 60° ou 120°.

Foi descoberto que a extensão de qualquer uma das  
5 seções de expansão da linha de transferência deve ser maior que 0,25D, preferivelmente entre 0,5D e 10D, mais preferivelmente entre 0,75D e 3D. É preferido que cada seção de expansão esteja localizada imediatamente a montante ou mais preferivelmente a jusante de um cotovelo,  
10 preferivelmente uma distância de não mais que 4D do cotovelo. Também é preferido que a expansão seja concêntrica, embora outras geometrias para a expansão também sejam possíveis.

É preferido que a entrada do aquecedor esteja  
15 aproximadamente na mesma altura que a saída do reator de polimerização ao qual ela está ligada, preferivelmente a linha de transferência do reator de polimerização até a entrada do aquecedor é essencialmente horizontal.

É mais preferido que a saída da linha de transferência  
20 (no ponto de entrada do recipiente de desgaseificação) esteja a uma altura maior que a entrada da linha de transferência e/ou a saída do reator de polimerização.

O meio para aquecer a linha de transferência normalmente compreende uma camisa envolvendo a linha. A  
25 camisa do aquecedor pode estar na forma de um aquecedor elétrico, mas é preferido que ela esteja na forma de um tubo concêntrico que cerca a linha através da qual um fluido de aquecimento é transportado. O fluido de aquecimento mais comumente usado é o vapor. Foi constatado  
30 que as condições podem ser melhor otimizadas pelo uso de

vapor dessuperaquecido como meio de aquecimento, particularmente onde a temperatura de saturação máxima é de 0-30°C, e de preferência não é maior que 10°C, abaixo do ponto de amolecimento do polímero que está sendo aquecido.

5 Seja qual for a forma que ela toma, a camisa pode proporcionar a mesma passagem de calor ao longo de toda a extensão da linha de transferência, ou pode proporcionar aquecimento diferenciado em partes diferentes da linha. Também é possível que porções da linha (tais como dobras)

10 estejam desaquecidas, como discutido acima. Constatamos que a passagem de calor ótima ao longo da extensão da linha de transferência é atingida com um projeto tal que a temperatura do meio de aquecimento (ou a temperatura interna de parede da linha) seja maior na entrada da linha

15 do que ela é na saída. Consequentemente, à medida que a fração de vapor na corrente que contém polímero aumenta enquanto ela passa ao longo da linha, é preferido que a temperatura do meio de aquecimento (ou a temperatura interna de parede da linha) seja diminuída. Isso pode ser

20 feito de maneira continuamente graduada, ou em diversas etapas separadas por meio de seções com temperatura diferente. É mais preferido, no entanto, uma camisa que opere a diferentes temperaturas em diferentes partes da linha, normalmente por ter suprimentos independentes do

25 meio de aquecimento para cada seção em que se exige uma temperatura diferente.

Em uma configuração preferida da invenção, a linha de transferência é aquecida por um tubo concêntrico que utiliza vapor como meio de aquecimento. A temperatura de

30 saída da linha de transferência é preferivelmente

controlada pela utilização da vazão de fluxo de vapor: para uma dada temperatura de vapor esta tem a vantagem de capacitar o controle da temperatura de parede da linha de transferência, para assegurar uma temperatura mais baixa em  
5 vazões de fluxo de vapor de polímero baixas e uma temperatura mais alta a vazões de fluxo mais altas quando as velocidades são mais altas.

Uma maneira de aumentar ainda mais a temperatura da própria corrente que contém polímero na saída da linha de  
10 transferência (além de aumentar a passagem de energia para o aquecedor) é aumentar o teor de sólidos da corrente. Isto pode ser feito aumentando-se o teor de sólidos da corrente extraída do reator de polimerização e/ou utilizando-se um dispositivo para concentração de sólidos a montante da  
15 linha de transferência. Os sólidos podem portar mais calor que os componentes líquidos ou gasosos da corrente, exigindo desta forma uma passagem menor do aquecedor da linha de transferência para atingir a temperatura desejada.

O uso, a montante da linha de transferência, de um  
20 dispositivo de concentração de sólidos com uma descarga diluente a montante (como descrito em nossa patente EP1118624) é uma modalidade preferida da presente invenção e permite que a concentração de monômero na linha de transferência seja minimizada, reduzindo assim o risco de  
25 contaminação.

É preferido que o tubo seja facilmente separável ao longo da extensão do aquecedor para facilitar a limpeza. Preferivelmente o tubo tem um flange a intervalos de 5-15 m. No caso do aquecimento ser efetuado utilizando-se uma  
30 camisa que contenha um fluido de aquecimento, prefere-se

que o fluido de aquecimento não cubra nenhum flange.

A fim de maximizar a transferência de calor para a corrente que contém polímero, o tubo é preferivelmente feito de um material tendo uma condutividade térmica maior  
5 que  $30 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ , preferivelmente maior que  $40 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ . O tubo é tipicamente sem costura, embora um tubo soldado com costura seja preferido quando é exigida alta transferência térmica.

É preferido que toda a corrente que contém polímero  
10 saindo do reator de polimerização seja passada através de uma única linha de transferência, particularmente na inicialização. Tal linha de transferência pode ser alimentada por uma ou mais linhas de extração do reator. A corrente extraída do reator pode ser concentrada,  
15 preferivelmente por meios gravitacionais ou centrífugos, mais preferivelmente usando-se um hidrociclone, antes de passar através da linha de transferência.

Entretanto também está dentro do escopo desta invenção proporcionar múltiplas linhas de transferência paralelas  
20 para aceitarem a corrente que contém polímero, cada uma das quais disposta conforme a invenção. Consequentemente, um outro aspecto da invenção proporciona um processo para aquecer uma corrente contendo polímero sendo transferida de um reator de polimerização que está aumentando sua taxa de  
25 produção para uma zona ou dispositivo de separação, que compreende a) passar a corrente através de um primeiro aquecedor ou aquecedores compreendendo cada um uma linha de transferência para a corrente e meio para aquecer a linha de transferência, e manter a vazão de fluxo da corrente  
30 enquanto mantém a temperatura da corrente que contém

polímero na saída de cada aquecedor seja mantida em pelo menos 10°C, preferivelmente pelo menos 20°C e mais preferivelmente pelo menos 30°C acima do ponto de orvalho da corrente acima do ponto de orvalho da corrente, e a temperatura da corrente em qualquer ponto ao longo da extensão de cada linha de transferência abaixo do ponto de amolecimento do polímero e então

b) passar parte da corrente por um aquecedor adicional disposto em paralelo ao primeiro aquecedor, o referido aquecedor adicional compreendendo também uma linha de transferência para a corrente e meios para aquecer a linha de transferência enquanto mantém a temperatura da corrente que contém polímero na saída de todos os aquecedores acima do ponto de orvalho da corrente, e a temperatura da corrente em qualquer ponto ao longo da extensão de todas as linhas de transferência abaixo do ponto de amolecimento do polímero.

Em um aspecto alternativo, a invenção proporciona um processo para aquecer uma corrente contendo polímero sendo transferida de um reator de polimerização para uma zona ou dispositivo de separação, em que parte da corrente que contém polímero é desviada para um outro aquecedor que também compreende pelo menos uma linha de transferência para a corrente e meio para aquecer a linha de transferência, ou quando a queda de pressão através do primeiro aquecedor exceder 50%, preferivelmente 70% da queda de pressão total entre o reator e a zona ou dispositivo de separação, ou quando a temperatura da corrente que contém polímero na saída do aquecedor cair para menos que 30°C acima da temperatura de ponto de

orvalho da corrente que contém polímero. É possível retardar o desvio de parte da corrente para um outro aquecedor até que a temperatura da corrente que contém polímero na saída do aquecedor caia para menos que 20°C ou mesmo 10°C acima da temperatura de ponto de orvalho da corrente que contém polímero.

Pela transferência de parte da corrente que contém polímero para um outro aquecedor, a área de superfície disponível para aquecimento é imediatamente aumentada pela área de superfície do novo aquecedor, o que permite um aumento na quantidade total de calor aplicada à corrente, e daí resulta um aumento na temperatura da corrente que contém polímero na saída do aquecedor. Assim pode ser possível manter a temperatura de saída da corrente no seu nível desejado a despeito de um aumento no fluxo, o que de outra forma poderia provocar a queda da temperatura.

Normalmente o processo acima funciona quando o reator de polimerização está aumentando sua taxa de produção, mas ele também pode ser deflagrado por outras mudanças, como uma redução na concentração de sólidos da corrente que contém polímero.

Um aspecto relacionado da invenção proporciona um processo para aquecer uma corrente contendo polímero sendo transferida de um reator de polimerização para uma zona ou dispositivo de separação, que compreende a) passar a corrente através de pelo menos dois aquecedores dispostos em paralelo compreendendo cada um uma linha de transferência para a corrente e meio para aquecer a linha de transferência, preferivelmente enquanto mantém a temperatura da corrente que contém polímero na saída de

cada aquecedor acima do ponto de orvalho da corrente, e a temperatura da corrente em qualquer ponto ao longo da extensão de cada linha de transferência abaixo do ponto de amolecimento do polímero, e diminuir a vazão de fluxo da corrente até que a velocidade na saída do aquecedor caia para menos que 40 m/s ou menos,

e então b) fechar um dos aquecedores e passar a corrente através apenas do aquecedor ou aquecedores restantes.

Em uma modalidade alternativa, parte da corrente é desviada através de um aquecedor adicional disposto em paralelo ao primeiro aquecedor no caso da velocidade em qualquer ponto cair abaixo da velocidade de entrada  $V_i$ , ou alternativamente se a queda de pressão através da linha de transferência por unidade de comprimento exceder o máximo desejado (normalmente 20 kPa/m, preferivelmente 10 kPa/m), o referido aquecedor adicional compreendendo também uma linha de transferência para a corrente e meio para aquecer a linha de transferência. Nessa configuração também, a temperatura da corrente que contém polímero na saída de todos os aquecedores é preferivelmente mantida acima do ponto de orvalho da corrente, e a temperatura da corrente em qualquer ponto ao longo da extensão de todas as linhas de transferência abaixo do ponto de amolecimento do polímero.

Em todos os aspectos acima da invenção relacionados à operação de mais que um aquecedor, é preferido que todos os aquecedores operem de acordo com os aspectos previamente descritos da invenção para um só aquecedor.

Nesta modalidade da invenção com aquecedor paralelo,

nem todas as linhas de transferência precisam estar em funcionamento durante todo o tempo. Em uma modalidade da invenção, o reator de polimerização tem uma pluralidade de linhas de extração, cada uma delas com sua própria linha de transferência. A invenção também inclui em seu escopo o uso avulso ou em paralelo de dispositivos de concentração de sólidos, a disposição usual sendo um dispositivo para concentração de sólidos localizado a montante de cada linha de transferência.

Na modalidade com aquecedor paralelo, é preferido que quando pelo menos dois aquecedores estão operando, a velocidade média de corrente através de qualquer seção transversal de cada linha de transferência do aquecedor seja mantida entre 2 e 100 m/s, preferivelmente entre 10 e 70 m/s.

Um outro aspecto da invenção proporciona um processo para aquecer uma corrente contendo polímero sendo transferida de um reator de polimerização para uma zona ou dispositivo de separação, compreendendo passar a corrente através de pelo menos dois aquecedores operando em paralelo, cada aquecedor compreendendo pelo menos uma linha de transferência para a corrente e meio para aquecer a linha de transferência, em que a temperatura da corrente que contém polímero na saída de todos os aquecedores é mantida acima do ponto de orvalho da corrente, e nenhum aquecedor tem uma vazão de fluxo volumétrico de corrente contendo polímero três vezes maior que aquela de qualquer outro aquecedor.

O desempenho de cada linha de transferência pode ser monitorado utilizando-se parâmetros que incluem: a vazão de

fluxo, pressão e temperatura da corrente dentro da camisa de aquecimento, a vazão de fluxo e temperatura do condensado que deixa a camisa de aquecimento, ou a posição da válvula a vapor para medir a passagem de calor (rendimento) para a corrente; a diferença de pressão ao longo do aquecedor e a produtividade da válvula de pressão do reator para medir o fluxo ou a razão de fluxo para dentro de cada linha de transferência, a relação entre fluxo de vapor e temperatura de saída para cada aquecedor, o equilíbrio térmico do reator para calcular o fluxo total dentro de todos os aquecedores, e a diferença entre a temperatura do vapor na saída do aquecedor e o ponto de orvalho da corrente do processo. As quedas de pressão ao longo das linhas de transferência de cada aquecedor são de preferência essencialmente iguais àquelas da modalidade com um só aquecedor descrita acima.

Quando se opera mais de uma linha de transferência (aquecedor) em paralelo e próximo da capacidade máxima, pequenas diferenças nas condições de instalação e operação das linhas de transferência e equipamento associado à montante e a jusante e trabalho com os tubos podem acarretar um desequilíbrio dos fluxos de pasta (cargas) nas linhas de transferência. Sem uma correção da divisória para o fluido, isto pode resultar numa necessidade das linhas de transferência serem requisitadas ou não-requisitadas com mais frequência a fim de manter cada uma dentro da faixa operacional correta. Para evitar isso, a carga de pasta em cada linha de transferência pode ser automaticamente equilibrada determinando-se primeiramente o fluxo de pasta através de cada linha de transferência, calculando-se então

o fluxo médio para todas as linhas de transferência, e aplicando então uma tensão em uma válvula de controle a montante de cada linha de transferência para ajustar a vazão de alimentação a fim de trazer o carregamento de pasta de cada linha de transferência pelo menos para próximo do valor médio. Preferivelmente isso é conseguido utilizando-se o fluxo de vapor para a camisa que cerca cada linha de transferência (isto é, a quantidade de calor aplicado a cada linha de transferência) como um meio para determinar o fluxo de pasta através de cada linha de transferência, uma vez que o fluxo de vapor é controlado para alcançar a temperatura desejada na saída da linha de transferência, e a temperatura de saída é determinada pelo fluxo de pasta através de cada linha de transferência. A média do fluxo de vapor para as linhas de transferência então é calculada e uma tensão então é aplicada a uma válvula de controle a montante de cada linha de transferência para ajustar a vazão de alimentação a fim de manter a carga de cada linha de transferência, como medida pelo fluxo de vapor, entre 50% e 150%, preferivelmente entre 90% e 110% do valor médio. Se alguns dos aquecedores têm capacidades diferentes, o valor médio pode ser um valor ponderado. A principal função de controle das válvulas de alimentação para todas as linhas de transferência é controlar a pressão do reator manipulando a carga total desde o reator até cada linha de transferência. Assim todas as válvulas de controle operam em paralelo, abrindo e fechando juntas, com o controle de equilíbrio superposto nesta ação para equilibrar a carga nas linhas de transferência. Em uma modalidade alternativa, uma ou mais

válvulas de saída no reator são usadas para controlar a pressão, enquanto outras permanecem em uma posição determinada que é inalterada enquanto a carga dos aquecedores for mantida em torno do valor médio. Também é possível controlar a pressão por outros meios que não a válvula de saída do reator.

O carregamento de pasta nas linhas de transferência pode alternativamente ser determinado por outros meios descritos anteriormente, tais como fluxo/velocidade ou queda de pressão. A carga total para as linhas de transferência pode ser controlada diretamente a partir da pressão do reator ou por controle de fluxo.

Um aquecedor fora do circuito disponível deve ser requisitado quando o(s) indicador(es) do desempenho do aquecedor escolhido(s) indicar(em) que pelo menos um dos aquecedores que está no circuito está a 90%, preferivelmente 80% e mais preferivelmente 70% ou mais da capacidade máxima. Com relação à definição de capacidade máxima, para um determinado conjunto de condições de reator de polimerização e condições de saída de aquecedor (pressão, temperatura, composição da corrente e carga sólida), existe um limite acima do qual a vazão de fluxo de massa na saída do aquecedor não pode ser mais aumentada mantendo-se ao mesmo tempo a temperatura da corrente que contém polímero na saída do aquecedor acima do ponto de orvalho da corrente, e a temperatura da corrente em qualquer ponto ao longo da extensão do aquecedor abaixo do ponto de amolecimento do polímero. O limite pode se dever à limitação da produtividade da válvula, limitação de força, razões mecânicas, de segurança ou quaisquer outras razões.

Esta é considerada a capacidade máxima. A vazão de fluxo de massa de saída pode ser comparada a essa capacidade máxima para as mesmas condições de reator e condições de saída e expressa como % da capacidade máxima.

5 Quando dois ou mais aquecedores estão operando em paralelo, é preferido que um deles seja desligado quando pelo menos um deles estiver operando a menos que 60%, preferivelmente menos que 40% da capacidade máxima.

Tanto nas modalidades com um só aquecedor quanto  
10 naquelas de múltiplos aquecedores paralelos, a vazão de fluxo da corrente que contém polímero extraída do reator de polimerização é preferivelmente controlada utilizando-se uma válvula para controle de fluxo ou de pressão, mais preferivelmente localizada entre um dispositivo para  
15 concentração de sólidos e a entrada de aquecedor na linha de transferência. A válvula de controle é projetada para ter uma queda de pressão entre 45% e 90%, mais preferivelmente 50% e 80%, da queda de pressão entre o reator e a entrada para o primeiro recipiente a jusante. A  
20 linha de transferência aquecida é projetada preferivelmente para ter uma queda de pressão entre 5% e 75%, mais preferivelmente entre 10 e 35%, da queda de pressão entre o reator e a entrada para o recipiente de desgaseificação. A relação entre a queda de pressão ao longo da válvula de  
25 controle e a queda de pressão através do aquecedor é entre 0,8 e 10, mais preferivelmente entre 1 e 2.

A corrente que contém polímero pode conter um componente de vapor e também um componente líquido. Tipicamente a fração de vapor do componente fluido da  
30 corrente que contém polímero na entrada do aquecedor varia

de 5 a 60% em mol. Em uma modalidade preferida da presente invenção em que existe uma válvula de pressão ou controle de fluxo a montante do aquecedor, e a fração de vapor da corrente na entrada do aquecedor está entre 25 e 60% em mol. A fração de vapor do componente fluido da corrente na saída do aquecedor pode variar de 70 a 100% em mol, ela é tipicamente de 95-100% em mol, mais preferivelmente maior do que 99% em mol.

Essa invenção pode ser aplicável a qualquer processo de polimerização (por exemplo, em fase gasosa, pasta, ou solução) que contenha uma corrente de polímero que precise ser aquecida para volatilizar líquido durante a despressurização.

Processos para a copolimerização de olefinas na fase de pasta são bem conhecidos na técnica. Tais processos podem ser conduzidos, por exemplo, introduzindo-se o monômero e o comonômero num tanque em agitação ou num reator elétrico fechado contínuo compreendendo poliolefina e um catalisador para a polimerização. O reator é tipicamente controlado para atingir um índice de fusão e densidade desejados para o polímero a uma produção e temperatura ótimas.

Os processos para polimerização de pasta de polietileno tipicamente extraem polímero do reator de polimerização com quantidades significativas de hidrocarbonetos líquidos, e a presente invenção é, portanto, particularmente relevante para estes processos. A pasta nestes reatores compreende tipicamente o polímero particulado, o(s) diluente(s) de hidrocarboneto, (co)monômero(s), catalisador, finalizadores de cadeias tais

como hidrogênio e outros aditivos para o reator. Em particular a pasta vai compreender 20-75, preferivelmente 30-70 por cento em peso com base no peso total da pasta do polímero particulado e 80-25, preferivelmente 70-30 por cento em peso com base no peso total da pasta de meio de suspensão, onde o meio de suspensão é a soma de todos os componentes fluidos no reator e compreende o diluente, monômero olefínico e quaisquer aditivos; o diluente pode ser um diluente inerte ou ele pode ser um diluente reativo tal como monômero olefínico líquido. Onde o diluente principal é um diluente inerte o monômero olefínico tipicamente compreende 2-20% em peso, mais particularmente 4-10% em peso da pasta. Entretanto, quando o monômero é propileno, ele pode compreender quase 100% em peso da pasta.

A polimerização é tipicamente realizada a temperaturas na faixa de 50-125°C e a pressões na faixa de 100-10000 kPa. O catalisador usado pode ser qualquer catalisador usado tipicamente para polimerização de olefinas, tal como catalisadores de óxido de cromo, Ziegler-Natta ou tipo metaloceno. A pasta de produto compreendendo polímero e diluente, e na maior parte dos casos catalisador, monômero e comonômero olefínicos pode ser descarregada intermitentemente ou continuamente, utilizando-se opcionalmente dispositivos de concentração tais como hidrociclones ou pernas de estabilização para minimizar a quantidade de fluidos extraídos com o polímero.

Essa invenção é particularmente relacionada à polimerização em um reator elétrico fechado onde a pasta é circulada no reator tipicamente por meio de uma bomba ou de

um agitador. Reatores de circuito elétrico fechado líquidos são particularmente bem conhecidos na técnica e são descritos, por exemplo, na US 3152872, US 3242150 e US 4613484. O reator elétrico de circuito fechado é uma  
5 construção tubular contínua compreendendo pelo menos duas, por exemplo, quatro seções verticais e pelo menos duas, por exemplo, quatro seções horizontais. O calor da polimerização é tipicamente removido utilizando-se troca indireta com um meio de resfriamento, preferivelmente água,  
10 em camisas que cercam pelo menos parte do reator elétrico de circuito fechado circular. O volume do reator elétrico de circuito fechado pode variar, mas está tipicamente na faixa de 20 a 170 m<sup>3</sup>.

Em instalações comerciais, o polímero particulado é  
15 separado do diluente de maneira tal que o diluente não fique exposto à contaminação de modo a permitir a reciclagem do diluente para a zona de polimerização com purificação mínima, se houver. A separação do polímero particulado produzido pelo processo da presente invenção do  
20 diluente pode ser tipicamente por qualquer método conhecido na técnica, por exemplo, pode envolver (i) o uso de pernas de estabilização verticais descontínuas de modo que o fluxo de pasta através da sua abertura proporcione uma zona em que as partículas de polímero podem sedimentar-se até certo  
25 ponto a partir do diluente ou (ii) extração contínua do produto por meio de um único ou de múltiplos orifícios de extração que podem estar localizados em qualquer ponto do reator de circuito fechado elétrico mas estão normalmente adjacentes à extremidade a jusante de uma seção horizontal  
30 do circuito. Como discutido anteriormente, a operação de

reatores de grande diâmetro com altas concentrações de sólidos na pasta minimiza a quantidade do diluente principal extraído do circuito de polimerização. O uso de dispositivos de concentração na pasta de polímero extraída  
5 tais como hidrociclones (avulsos ou, no caso de múltiplos hidrociclones, em paralelo ou em série) intensifica mais ainda a recuperação de diluente em uma maneira eficiente no tocante à energia uma vez que se evita significativamente a redução de pressão e a vaporização de diluente recuperado.

10 A pasta de polímero extraída, e preferivelmente concentrada, é normalmente despressurizada antes de ser transferida pelo aquecedor da presente invenção para um recipiente de inflamação principal.

O diluente e quaisquer vapores de monômero recuperados  
15 no recipiente de inflamação principal são tipicamente condensados, preferivelmente sem recompressão, e reutilizados no processo de polimerização. A pressão do recipiente de inflamação principal é usualmente controlada para permitir a condensação com um meio de resfriamento  
20 prontamente disponível (por exemplo, água para resfriamento) de essencialmente todo o vapor da inflamação antes de qualquer recompressão. A pressão no recipiente de inflamação principal está geralmente na faixa de 200-2500 kPa, mais tipicamente 500-2000 kPa e mais frequentemente  
25 600-1100 kPa. O material sólido recuperado do recipiente de inflamação principal é normalmente passado para um recipiente de inflamação secundário para remover resíduos voláteis. Alternativamente a pasta pode ser passada para um  
30 recipiente de inflamação principal acima mencionado de

forma que se necessite de recompressão para condensar o diluente recuperado. O uso de um vaso de inflamação de alta pressão é preferido.

Mais especificamente, um exemplo do tipo de processo de polimerização para o qual a invenção é particularmente útil é a polimerização contínua de olefinas, preferivelmente alfa mono olefinas, em uma zona de reação, preferivelmente um circuito elétrico fechado tubular alongado. A(s) olefina(s) é (são) continuamente adicionada(s) a um catalisador em um diluente de hidrocarboneto e posta(s) em contato com o mesmo. O(s) monômero(s) se polimeriza(m) para formar uma pasta de polímero particulado sólido suspenso no meio de polimerização ou no diluente. A velocidade de extração do produto de polímero é controlada por uma válvula a montante do aquecedor da invenção.

A concentração de sólidos na pasta no reator vai ser tipicamente acima de 20% em volume, preferivelmente cerca de 30% em volume, por exemplo, 20-40% em volume, preferivelmente 25-35% em volume, onde a % em volume é  $[(\text{volume total da pasta} - \text{volume do meio em suspensão}) / (\text{volume total da pasta})] \times 100$ . A concentração de sólidos medida como porcentagem em peso, que é equivalente àquela medida como porcentagem em volume, irá variar de acordo com o polímero produzido, mas mais particularmente em acordo com o diluente usado. Onde o polímero produzido é polietileno e o diluente é um alcano, por exemplo, isobutano, é preferido que a concentração de sólidos esteja acima de 30% em peso, particularmente acima de 40% em peso, por exemplo, na faixa de 40-60% em peso, preferivelmente

45-55% em peso com base no peso total da pasta. Constatamos que para altas cargas de sólidos, particularmente acima de 40% em peso, uma extração de produto e aquecimento confiáveis entre o reator de polimerização e o recipiente  
5 de desgaseificação (como evidenciado por contaminação, variações de fluxo e/ou transferência térmica) podem ser mantidos dentro de limites operacionais aceitáveis utilizando-se o aquecedor da presente invenção.

Esse tipo de processo pode ser opcionalmente realizado  
10 em um sistema com múltiplos reatores. O segundo ou qualquer outro reator subsequente do sistema de reator múltiplo pode ser outro reator de circuito elétrico fechado ou qualquer outro reator para a polimerização de olefinas, por exemplo, um reator de leito fluido. Entretanto, normalmente o  
15 segundo ou qualquer reator subsequente do sistema de múltiplos reatores é outro reator de circuito elétrico fechado. Tais sistemas de múltiplos reatores podem ser utilizados para fabricar polímeros monomodais ou multimodais, preferivelmente multimodais.

20 No caso de múltiplos reatores em série, um primeiro reator da série é suprido com catalisador ou pré-polímero e opcionalmente com o cocatalisador além do diluente e do monômero, e cada reator subsequente é suprido, pelo menos, com monômero, particularmente etileno e com a pasta  
25 proveniente de um reator anterior da série, essa mistura compreendendo o catalisador e uma mistura dos polímeros produzidos em um reator anterior da série. É possível fornecer a um segundo reator e/ou, se apropriado, a pelo menos um dos reatores subsequentes, catalisador e/ou  
30 cocatalisador novo(s). Entretanto, é mais comum introduzir

o catalisador e o cocatalisador exclusivamente em um primeiro reator.

No caso em que a instalação compreende pelo menos dois reatores em série, o polímero de mais alto índice de fusão e o polímero com mais baixo índice de fusão podem ser produzidos em dois reatores adjacentes ou não-adjacentes na série. O hidrogênio é mantido a (i) uma concentração baixa (ou zero) no(s) reator(es) que fabrica(m) os componentes de alto peso molecular, por exemplo, porcentagens de hidrogênio incluindo entre 0-0,1% em volume e a (ii) uma concentração muito alta no(s) reator(es) que fabrica(m) os componentes de baixo peso molecular, por exemplo, porcentagens de hidrogênio entre 0,5-2,4 % em volume. Os reatores podem igualmente serem operados para produzir essencialmente o mesmo índice de fusão de polímero em reatores sucessivos.

Quando tais sistemas de reatores produzem polímeros de pesos moleculares inferiores a 50 kDaltons ou maiores que 150 kDaltons foram observados no passado problemas em particular com contaminação do reator e aglomeração no aquecedor entre o reator de polimerização e o recipiente de degaseificação. Esses problemas podem ser acentuados por altas concentrações de sólidos em polímeros no aquecedor. Esse é outro problema que pode ser diminuído pelo uso do aquecedor da presente invenção.

#### EXEMPLO 1

Neste exemplo um reator de polimerização descarrega uma pasta contendo 50% em peso do referido polietileno com um diâmetro de partícula médio de 1,5 mm a uma taxa de 60 ton/hora. A pressão do reator é de 4000 kPag, e antes de

entrar no aquecedor a corrente que contém polímero passa por uma válvula de controle que diminui a pressão até 1600 kPag. A composição do diluente que porta o polímero sólido é 91% em mol de isobutano, 8% em mol de etileno e 1% em mol de hexeno. Nenhum fluido adicional é acrescentado à corrente.

A corrente passa para um aquecedor na forma de uma linha de transferência compreendendo cinco pernas verticais, cujas porções aquecidas têm uma extensão de 40 m cada, proporcionado uma extensão total aquecida de 200 m (a extensão dos cotovelos não-aquecidos que conectam cada perna vertical é ignorada). O diâmetro das duas primeiras pernas (até 80 m, ou 40% da extensão total aquecida) é de 76 mm, e o diâmetro das três pernas finais (120 m, ou 60% da área total aquecida) é de 102 mm. Portanto a relação entre os dois diâmetros é de 1,33.

As condições dentro da linha de transferência estão resumidas na Tabela 1 abaixo.

TABELA 1

| % de extensão aquecida | Extensão aquecida (m) | Diâmetro (mm) | Pressão (kPa) | Fração de Vapor (kg/kg) | Volume de Fluxo de Vapor (m <sup>3</sup> /h) | Volume de Fluxo de Líquido (m <sup>3</sup> /h) | Volume de Fluxo de sólido (m <sup>3</sup> /h) | Velocidade m/s | Temperatura °C | Temperatura interna de parede |
|------------------------|-----------------------|---------------|---------------|-------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------|----------------|-------------------------------|
| 0 -entrada L1          | 0                     | 76            | 1692          | 0,17                    | 125,7                                        | 53,9                                           | 31,9                                          | 12,3           | 79,2           | 97,3                          |
| 20 - extremidade L1    | 40                    | 76            | 1509          | 0,37                    | 297,8                                        | 40,9                                           | 31,9                                          | 21,5           | 77,4           | 95,9                          |
| 20 -entrada L2         | 40                    | 76            | 1484          | 0,38                    | 312,5                                        | 40,1                                           | 31,9                                          | 22,3           | 76,7           | 94,5                          |
| 40 - extremidade L2    | 80                    | 76            | 1418          | 0,54                    | 463,5                                        | 29,5                                           | 31,9                                          | 30,5           | 76,5           | 97,6                          |
| 40 -entrada            | 80                    | 102           | 1431          | 0,54                    | 453,7                                        | 29,9                                           | 31,9                                          | 17,5           | 76,9           | 98,3                          |

|                            |     |     |      |      |        |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------|-----|-----|------|------|--------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| L3                         |     |     |      |      |        |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 60 -<br>extremidade<br>L3  | 120 | 102 | 1319 | 0,75 | 685,4  | 15,9 | 31,9 | 24,9 | 75,0 | 97,9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 60 -entrada<br>L4          | 120 | 102 | 1302 | 0,76 | 702,5  | 15,4 | 31,9 | 25,5 | 74,4 | 97,0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 80 -<br>extremidade<br>L4  | 160 | 102 | 1226 | 0,96 | 940,7  | 2,7  | 31,9 | 33,2 | 73,5 | 96,8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 80 -entrada<br>L5          | 160 | 102 | 1199 | 0.97 | 974,6  | 2,0  | 31,9 | 34,3 | 72,7 | 97,0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 100 -<br>extremidade<br>L5 | 200 | 102 | 1020 | 1,00 | 1283,7 | 0,0  | 31,9 | 44,7 | 80,1 | 98,8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Na saída do aquecedor, o ponto de orvalho da corrente é de 69,8°C.

A partir dos dados na tabela acima, o ponto chave é a queda substancial na velocidade após o aumento no diâmetro a 80 m. Caso não seja assim, a velocidade aumenta constantemente ao longo do aquecedor à medida que a proporção de vapor aumenta até 100% pela saída do aquecedor, e o fluxo volumétrico de líquido cai correspondentemente à zero. Pode ser visto que a velocidade média em 80% ao longo da extensão aquecida da linha é de pelo menos 33 m/s, e na saída a temperatura do fluido (80,1°C) está 10,3°C acima de seu ponto de orvalho.

#### EXEMPLO 2 (comparativo)

Neste exemplo um reator de polimerização descarrega uma pasta contendo 52% em peso de polietileno sólido com um diâmetro médio de partícula de 1,5 mm a uma taxa de 23 ton/hora. A pressão do reator é de 4000 kPag, e antes de entrar no aquecedor a corrente que contém polímero passa por uma válvula de controle que diminui a pressão até 1600 kPag. A composição do diluente que porta o polímero sólido é 91% em mol de isobutano, 8% em mol de etileno e 1% em mol de hexeno. Nenhum fluido adicional é acrescentado à corrente.

A corrente passa para um aquecedor na forma de uma linha de transferência que compreende cinco pernas verticais, cujas porções aquecidas têm cada uma 40 m de extensão, dando um total de extensão aquecida de 200 m (a extensão dos cotovelos não-aquecidos que faz a junção de cada perna vertical é ignorada). O diâmetro das três primeiras pernas (de até 120 m, ou 60% da extensão aquecida

total) é de 76 mm, e o diâmetro das duas pernas finais (80 mm, ou 40% da extensão aquecida total) é de 152 mm. Portanto a razão entre os dois diâmetros é de 2.

As condições dentro da linha de transferência estão  
5 resumidas na Tabela 2 abaixo.

TABELA 2

| % de extensão aquecida | Extensão aquecida (m) | Diâmetro (mm) | Pressão (kPa) | Fração de Vapor (kg/kg) | Volume de Fluxo de Vapor (m <sup>3</sup> /h) | Volume de Fluxo de Líquido (m <sup>3</sup> /h) | Volume de Fluxo de sólido (m <sup>3</sup> /h) | Velocidade m/s | Temperatura °C | Temperatura interna de Pa-rede |
|------------------------|-----------------------|---------------|---------------|-------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------|----------------|--------------------------------|
| 0 -entrada L1          | 0                     | 76            | 1509          | 0,00                    | 0,0                                          | 23,2                                           | 12,8                                          | 2,1            | 61,9           | 96,1                           |
| 20 - extremidade L1    | 40                    | 76            | 1313          | 0,18                    | 66,9                                         | 18,9                                           | 12,8                                          | 5,7            | 67,1           | 95,9                           |
| 20 -entrada L2         | 40                    | 76            | 1311          | 0,19                    | 67,4                                         | 18,9                                           | 12,8                                          | 5,8            | 67,0           | 95,2                           |
| 40 - extremidade L2    | 80                    | 76            | 1389          | 0,36                    | 119,7                                        | 15,0                                           | 12,8                                          | 8,6            | 73,4           | 95,7                           |
| 40 -entrada            | 80                    | 76            | 1386          | 0,37                    | 120,6                                        | 14,9                                           | 12,8                                          | 8,6            | 73,3           | 94,5                           |



Na saída do aquecedor, o ponto de orvalho da corrente é 77,4°C.

A partir dos dados na tabela acima, pode ser visto que como no Exemplo 1 há uma queda substancial na velocidade após o aumento no diâmetro, que neste caso está em 120 m. Entretanto pode se visto que enquanto no Exemplo 1 as velocidades médias mais baixas são 12,3 m/s na entrada do aquecedor e então 17,5 m/s após a expansão, neste Exemplo a velocidade média é significativamente inferior a esses valores, na verdade inferior a 10 m/s, ao longo de quase toda a extensão do aquecedor. Particularmente, a velocidade média a 80% da extensão aquecida da linha é de apenas 4,7 m/s, que é menor do que aquela a 20% ao longo da extensão aquecida. Na saída do aquecedor, a temperatura do fluido é de 82,0°C, que é apenas 4,6°C acima do seu ponto de orvalho, enquanto que a temperatura interna de parede é 105,8°C, se comparada com 98,8°C no Exemplo I.

A consequência desses números na prática é que devido às menores velocidades e temperatura de parede mais alta, o risco de contaminação neste Exemplo é significativamente mais alto que no Exemplo 1.

**REIVINDICAÇÕES**

1. Processo para aquecer uma corrente contendo polímero sendo transferida de um reator de polimerização para uma zona ou dispositivo de separação, CARACTERIZADO  
5 pelo fato de compreender a passagem da corrente através de um aquecedor compreendendo pelo menos uma linha de transferência para a corrente e meio para aquecer a linha de transferência, em que o tamanho médio de partícula do polímero sólido é menor que 3 mm, a vazão de fluxo de massa  
10 da corrente que contém polímero que sai do aquecedor não é mais que 15% maior que a vazão de fluxo de massa que sai do reator, a velocidade média da corrente que contém polímero, seja num ponto situado a 80% de toda a extensão da parte aquecida da linha de transferência medida a partir da  
15 entrada da linha de transferência, seja na saída da linha de transferência, é de pelo menos 20 m/s, e a queda de pressão através da linha de transferência por unidade de comprimento está entre 1,25 kPa/m e 4 kPa/m.

2. Processo, de acordo com reivindicação 1,  
20 CARACTERIZADO pelo fato de que a velocidade média da corrente que contém polímero num ponto a 80% de toda a extensão da parte aquecida da linha de transferência medida a partir da entrada da linha de transferência é igual ou maior que sua velocidade média num ponto a 20% de toda a  
25 extensão da parte aquecida da linha de transferência.

3. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, CARACTERIZADO pelo fato de que o tamanho médio de partícula do referido polímero é menor que 2 mm, preferivelmente menor que 1 mm.

30 4. Processo, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 a 3, CARACTERIZADO pelo fato de que a vazão de fluxo de massa da corrente que contém polímero que sai do aquecedor é substancialmente igual à vazão de fluxo de massa que sai do reator.

5            5. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, CARACTERIZADO pelo fato de que a relação entre o diâmetro da linha de transferência a 80% de sua extensão aquecida,  $D_{80}$ , e o diâmetro a 20% de sua extensão aquecida,  $D_{20}$ , é maior que 1, preferivelmente maior que 1,2 e mais preferivelmente maior que 1,3.

            6. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, CARACTERIZADO pelo fato de que a temperatura da superfície interna da linha de transferência em 50% a 100% de sua extensão aquecida, e preferivelmente  
15 ao longo de toda sua extensão aquecida, é mantida abaixo do ponto de amolecimento do polímero.

            7. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, CARACTERIZADO pelo fato de que a passagem de calor para a corrente que contém polímero é  
20 ajustada mudando-se a temperatura do meio de aquecimento que está em contato com a superfície externa, e/ou mudando o tamanho da área aquecida da linha de transferência.

RESUMO**PROCESSO PARA AQUECER UMA CORRENTE CONTENDO POLÍMERO**

É descrito um processo para aquecer uma corrente que contém polímero que está sendo transferida de um reator de polimerização para uma zona ou dispositivo de separação, compreendendo passar a corrente através de um aquecedor compreendendo pelo menos uma linha de transferência para a corrente e meio para aquecer a linha de transferência, em que o tamanho médio de partícula do polímero sólido é menor que 3 mm, a vazão de fluxo de massa da corrente que contém polímero que sai do aquecedor não é mais que 15% maior que a vazão de fluxo de massa que sai do reator, e a velocidade média da corrente que contém polímero a 80% de toda a extensão da parte aquecida da linha de transferência medida a partir da entrada da linha de transferência, seja na saída da linha de transferência, é de pelo menos 6 m/s, preferivelmente pelo menos 8 m/s e mais preferivelmente pelo menos 10 m/s, e a queda de pressão através da linha de transferência por unidade de comprimento está entre 1 kPa/m e 20 kPa/m.