

# Sistemas de reciclagem OMNI

Processamento de tampas de garrafas  
de PEAD pós-consumo em ciclo



Dr. Axel Hannemann  
Gneuss Kunststofftechnik GmbH  
Technical Report #R4



## Conteúdo

1. Introdução .....	3
2. Reciclagem de resíduos de PEAD pós-consumo.....	3
3. Reciclagem de PEAD com a tecnologia de reciclagem OMNImax.....	5
3.1 Componentes chave do sistema de reciclagem OMNImax .....	5
3.2 Características do sistema de reciclagem OMNImax .....	7
4. Exemplo de aplicação.....	9
5. Resumo.....	10

## 1. Introdução

O polietileno de alta densidade (PEAD) é um polímero termoplástico muito utilizado em diversas aplicações devido à sua versatilidade e durabilidade. É frequentemente utilizado na produção de garrafas, frascos, tubos, contentores e outros materiais de embalagem por se caracterizar-se pela elevada densidade que lhe confere resistência e rigidez. Devido à sua resistência à luz e à humidade, é também utilizado para produtos de higiene pessoal, produtos de limpeza e fluidos industriais.

Outra grande área de aplicação são as tampas para garrafas. O PEAD é particularmente adequado para este fim, não só devido à sua estrutura molecular, que o torna impermeável e permite uma vasta gama de temperaturas, mas também devido à sua adequação às aprovações para contacto com alimentos. Além disso, tanto os sistemas de lavagem como os sistemas de coleta de garrafas PET estabelecidos podem ser utilizados para reciclar as tampas de garrafas.

## 2. Reciclagem de resíduos de PEAD pós-consumo

Com o novo requisito da UE relativo às tampas unidas a garrafa por um fio, as tampas são recicladas juntamente com as suas garrafas e é alcançado um elevado nível de fluxo de retorno. Estas tampas são alimentadas através dos mesmos sistemas de lavagem que o PET; são depois separadas no tanque de flutuação/decantação podem ser posteriormente processadas de forma direcionada. Isto significa que também cumprem os mesmos requisitos de alta qualidade impostos aos flocos de garrafas.

Os novos sistemas de triagem permitem um teor de pureza muito elevado da fração de PEAD; é possível separar por tipo as diferentes fracções de cor.

O material reciclado obtido desta forma, desde que tenha sido tratado com o "Super Clean Process" da Gneuss, pode então ser reprocessado numa tampa de garrafa, fechando assim o ciclo.

A eficiência do "Super Clean Process" da Gneuss foi comprovado com a ajuda dos chamados testes de desafio (challenge tests), que também são efetuados para as tecnologias PET. Nestes testes, uma mistura de várias substâncias de referencia é adicionada ao polímero original, que depois se difunde nos flocos durante um período de 7 dias a uma temperatura de armazenamento de 50°C. O polímero contaminado é então submetido à etapa de descontaminação e o material resultante é analisado quanto às substâncias de referencia. As substâncias de referencia (coquetel tóxico) são selecionadas de forma a representarem uma grande amostragem de possíveis impurezas durante o processo de reciclagem (altamente voláteis, pouco voláteis, polares, não polares, ...). A eficiência de limpeza pode ser calculada através de uma comparação anterior e posterior ao processo de descontaminação, com limites inferiores de purificação, dependendo do produto final.

O processo Super Clean da Gneuss para PET foi revisto com sucesso pela Food and Drug Administration (FDA) dos EUA e recebeu uma Carta de Não Objeção (LNO) em 2009. Seguiu-se um parecer científico positivo da Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) em 2018.

Em comparação com outras tecnologias, este processo não requer um tratamento prévio ou posterior. Isto é muito importante para o polietileno, uma vez que, ao contrário do poliéster,

não precisa de ser pré-secado antes da extrusão. O processo Super Clean da Gneuss foi adaptado ao processamento de PEAD, o que levou a testes de desafio bem-sucedidos. Para além do processo Super Clean altamente eficiente, os testes também incluem a forma de coleta, triagem e a lavagem de produtos pós-consumo, que são depois utilizados para produzir plásticos para embalagens de alimentos. Os testes de desafio com tampas de garrafas trituradas demonstraram a elevada eficiência de limpeza do sistema de reciclagem OMNImax (Fig. 1).

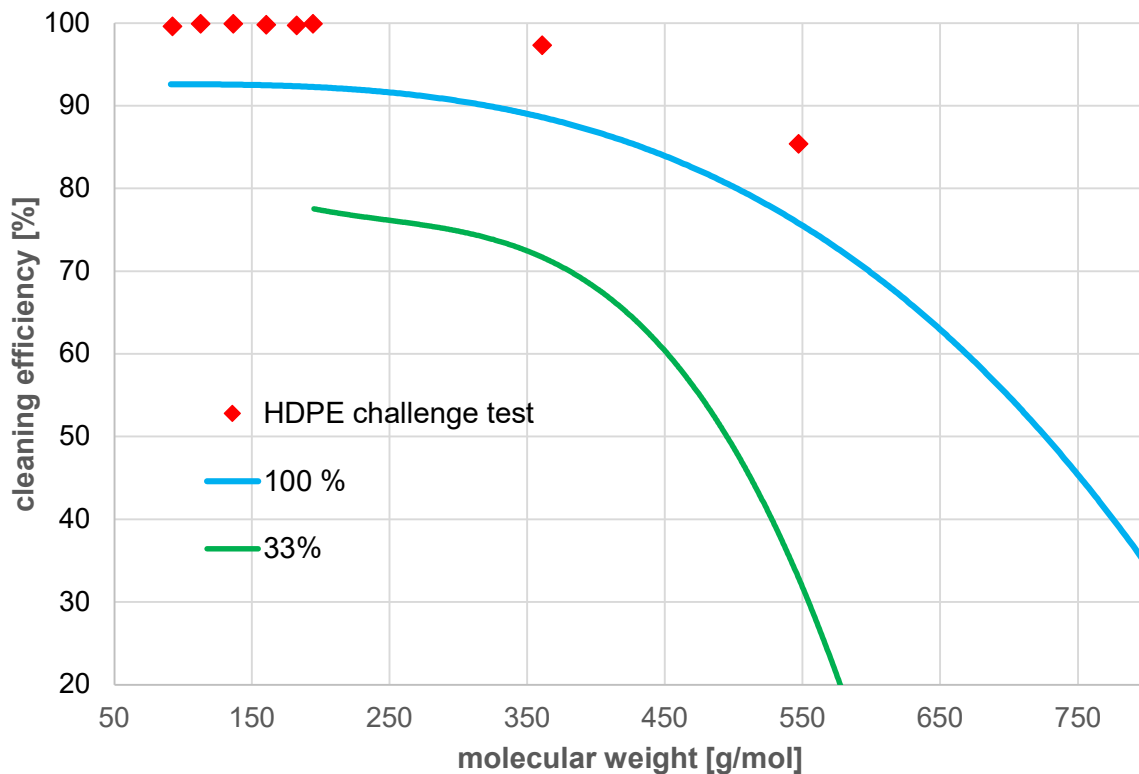


Fig. 1: Resultados dos ensaios de desafio em HDPE.

A eficiência de limpeza do processo Gneuss Super Clean alcançada em testes de desafio é mostrada aqui como uma função do peso molecular da respectiva substância modelo introduzida. A eficiência é calculada a partir da diferença entre a contaminação de entrada e de saída em relação ao valor de entrada. Dependendo da aplicação e do peso molecular da impureza, podem ser calculadas eficiências mínimas de limpeza que devem ser alcançadas para a fabricação de produtos para utilização alimentar direta. Em contraste com testes anteriores, também foram utilizadas impurezas de elevado peso molecular, que puderam ser removidas em grande medida. Foram apresentados à EFSA e à FDA pedidos para a reciclagem direta de HDPE a partir de coletas pós-consumo.

Este desempenho excepcional é conseguido através da utilização de uma unidade de reciclagem OMNImax da Gneuss. O sistema purifica o polímero submetendo-o a um processo de desgaseificação altamente eficiente utilizando uma extrusora MRSpure para remover as impurezas voláteis. As impurezas sólidas são depois eliminadas por uma filtração ultrafina utilizando o sistema de filtração RSFgenius.

## 3. Reciclagem de HDPE com a tecnologia de reciclagem OMNImax

### 3.1 Principais componentes do sistema de reciclagem OMNImax

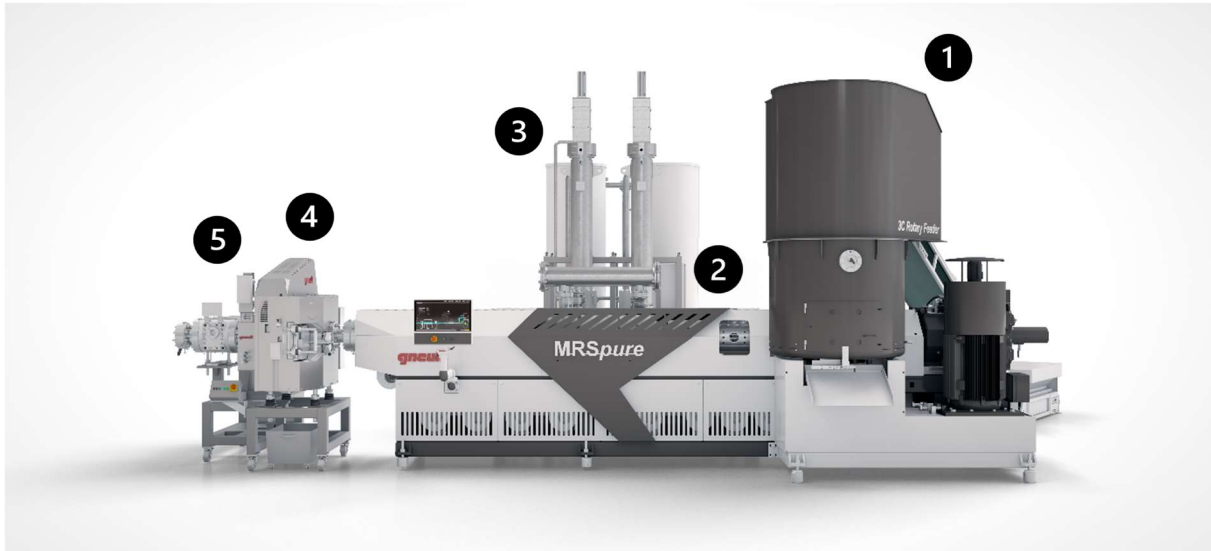


Fig. 2: Sistema de reciclagem OMNImax com alimentador rotativo 3C, extrusora MRSpure, vácuo, filtro de fusão RSFgenius e viscosímetro em linha.

#### 1 Alimentador Rotativo 3C

Trata-se de um cortador/compactador especialmente adaptado à extrusora, que tritura e compacta o material a granel solto num único passo e num curto tempo de residência, introduz energia térmica e alimenta continuamente a extrusora. Desta forma, é possível processar uma gama muito vasta de materiais na máquina, uma vez que a combinação de corte, compactação e acondicionamento como fase prévia ao processo de extrusão cria uma janela de processo muito ampla.

#### 2 Extrusora MRSpure

A extrusora multi-fuso patenteada Gneuss MRSpure é utilizada para a reciclagem de PEAD. Baseada no robusto conceito de parafuso único, a extrusora está equipada com um Sistema de Rotação Múltipla (MRS).

Este sistema proporciona uma área de superfície de polímero muito grande com roscas incorporadas

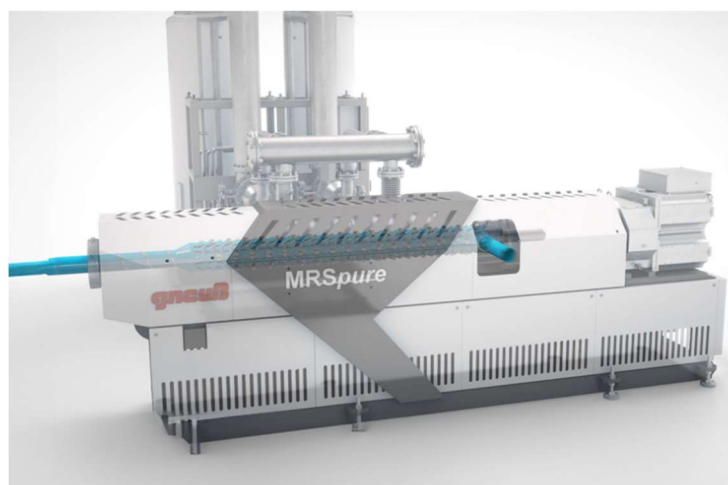


Fig. 3: Fluxo de fusão na extrusora MRSpure

que rodam na direção oposta ao barril da extrusora na sua órbita circular.

Isso permite a descontaminação, a mistura e o controle de viscosidade altamente eficientes do PEAD. Uma extrusora de fusão é conectada a montante do elemento de rotação múltipla, que desacopla as etapas do processo de fusão e desgaseificação/redução de odor/descontaminação, de modo que os parâmetros do processo possam ser otimizados separadamente para cada etapa do processo.

### 3 Sistemas de Vácuo

A Gneuss desenvolveu os seus próprios sistemas de vácuo para a extração de impurezas voláteis, alguns dos quais com conjuntos de separação patenteados. Devido à grande superfície de fusão na extrusora MRS, a capacidade de sucção é consideravelmente maior do que nos sistemas convencionais, de modo que grandes quantidades de impurezas voláteis podem ser extraídas do polímero e separadas do fluxo de vácuo por meio de separadores. Para além de um sistema de vácuo com bomba de anel de água, a Gneuss também oferece sistemas de vácuo profundo com separadores adequados.

### 4 Sistemas de filtração rotativos

Nas aplicações de reciclagem, é utilizado o **sistema de filtragem patentado Gneuss RSFgenius**, que inclui uma limpeza totalmente automática das telas com garantia de pressão e consistência do processo.

Um sistema de refluxo de segmento de alta pressão limpa as telas contaminadas diretamente antes de voltarem a entrar no canal de fusão, permitindo reutilizações automáticas de telas até 400 vezes e finuras inferiores a 10 µm.

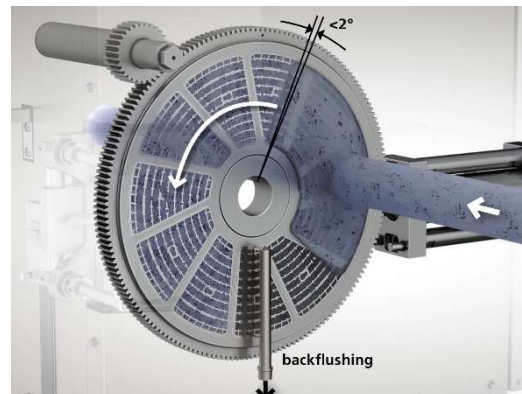


Fig. 4: Funcionamento do sistema de filtragem RSFgenius

### 5 Viscosímetro Online VIS

Se necessário, os sistemas de reciclagem OMNI podem ser equipados com o inovador sistema de medição de viscosidade em linha **VIS**. Utilizando uma bomba de engrenagens rígida e de alta precisão, um pequeno fluxo parcial de polímero fundido é desviado do canal principal de fusão e forçado através de um capilar com ranhuras fabricado com precisão. Os dados aí medidos podem ser utilizados para melhorar a garantia de qualidade utilizando o viscosímetro.

## 3.2 Características do sistema de reciclagem OMNImax

A série OMNImax baseia-se numa extrusora Gneuss, um sistema de vácuo robusto e um filtro de alto desempenho RSFgenius. Opcionalmente, o material é alimentado na extrusora através de um alimentador rotativo 3C. Ao utilizar-se a MRSpure, a extrusora de fusão também é desacoplada da unidade de descontaminação, a fim de obter uma relação óptima de fusão e desgaseificação.



Fig. 5: Sistema de reciclagem OMNImax com rosca única a montante

Para além de uma vasta gama de materiais de entrada, tais como PS, PP, PE, PET, PLA, etc., as aplicações típicas da OMNImax incluem a reciclagem de resíduos de filmes, embalagens ou copos pós-consumo. É também utilizado para descontaminar resíduos pós-consumo para fabricar produtos em contacto direto com os alimentos, tais como tampas de garrafas em PEAD ou cápsulas de café em PP. Além disso, a OMNImax foi concebida para satisfazer as necessidades de aplicações exigentes de desgaseificação de PA, SAN ou outros polímeros, bem como tarefas de redução de odores.

### Vantagens económicas devido ao elevado desempenho

O desempenho excepcional dos sistemas de reciclagem OMNI torna possível fechar ciclos de reciclagem que anteriormente não eram possíveis. Parâmetros de desempenho que só eram concebíveis na reciclagem de garrafas PET são agora também possíveis com outros materiais como o PS. Como resultado, estão a abrir-se novas opções de reciclagem, incluindo para embalagens de plástico.

Para além do seu design compacto, que requer muito pouco espaço e pode, por isso, ser normalmente integrado em instalações existentes, a OMNI tem uma pontuação elevada em termos de flexibilidade. O controle totalmente automatizado do vácuo, da extrusora, da dosagem, do tempo de permanência da desgaseificação e do filtro garante qualidade consistentemente elevada do material reciclado e também permite que o operador utilize materiais de entrada económicos. Está a tornar-se cada vez mais importante ser capaz de produzir independentemente das propriedades dos materiais de entrada, especialmente no

caso de qualidades de entrada variáveis e incertas no futuro.

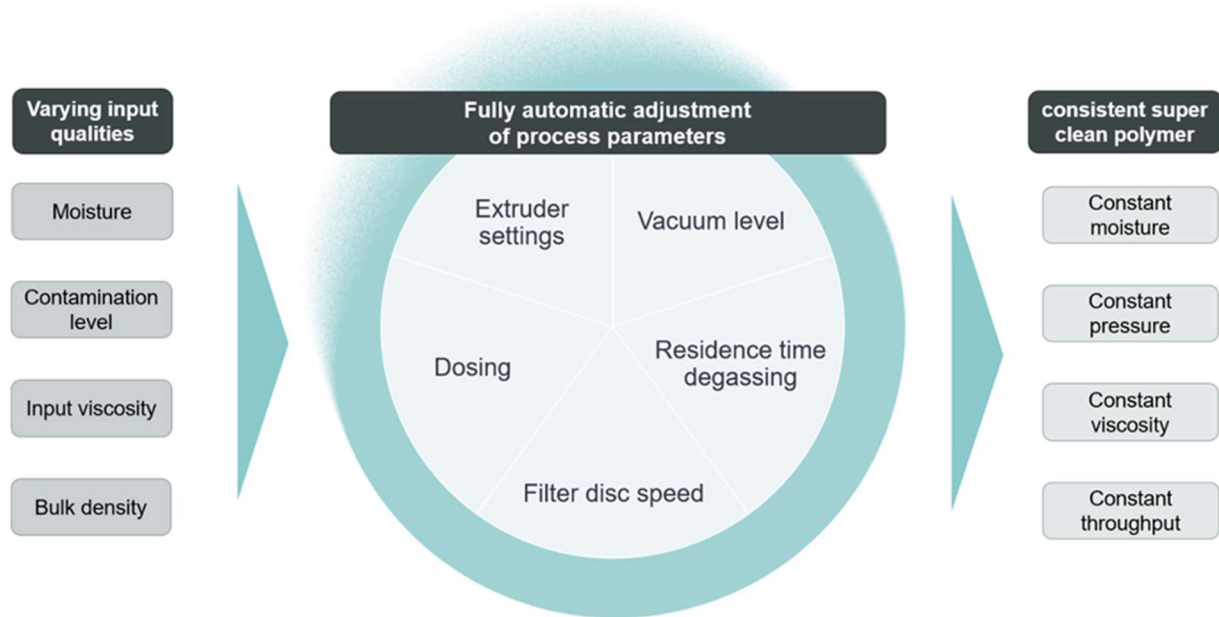


Fig. 6: Elevada flexibilidade devido aos parâmetros de processo totalmente automáticos

O design compacto também resulta num consumo de energia muito baixo. Qualquer energia utilizada no processo de extrusão é concebida para ser utilizada na fase seguinte do processo. Isto não só tem um efeito notável no consumo de energia elétrica e gás, como também reduz significativamente a pegada de CO<sub>2</sub> do processo de reciclagem.

A eficiência de limpeza do processo de extrusão MRSpure e dos sistemas de filtragem rotativa é única no mundo. Num único e simples passo de extrusão, os contaminantes nocivos podem ser removidos de forma tão completa que os pellets reciclados resultantes são seguros para utilização em aplicações de contacto com alimentos. O curto tempo de permanência no sistema elimina em grande parte os danos térmicos, pelo que as propriedades químicas do material reciclado são praticamente idênticas às do material virgem. Como resultado, podem ser fabricados produtos equivalentes aos feitos de material virgem. As mudanças de material, por exemplo, para mudanças de lote, são possíveis em minutos devido ao curto tempo de residência, de modo a que os requisitos de flexibilidade de uma nova fábrica de reciclagem sejam totalmente satisfeitos e as interrupções de produção possam ser reduzidas ao mínimo.

A tecnologia de reciclagem OMNI $max$  pode ser facilmente integrada nas linhas de produção existentes. Pode ser utilizada uma extrusora de rosca única ou dupla, consoante os requisitos do processo de plastificação. Também pode ser utilizada como um sistema de desgaseificação a jusante de uma extrusora existente (retrofit). Podem ser obtidas mais economias de energia e reduções de CO<sub>2</sub> assegurando a reciclagem em linha da recuperação.



## 4. Exemplo de aplicações

Um fabricante de garrafas está empenhado em utilizar soluções sustentáveis para materiais de embalagem e utiliza a tecnologia de reciclagem OMNImax em conjunto com a extrusora MRSpure. Através de parcerias com iniciativas locais, são fornecidas regularmente grandes quantidades de tampas de garrafas de PEAD usadas e coloridas.

As tampas pré-lavadas da coleta de garrafas, que foram separadas da fração leve do processo flutuação/decantação, são fundidas utilizando uma extrusora de parafuso duplo curto e depois limpas por um sistema de filtração RSFgenius com pressão e processo constantes com uma finura de filtro de 160 µm antes de serem alimentadas de forma totalmente automática no MRSpure 130. Neste sistema de extrusão, cerca de 650 kg/h de material reciclado são descontaminados e desgaseificados através da tecnologia de vácuo a uma pressão de 1 mbar e os odores são igualmente eliminados.



Fig. 7: Material de entrada e saída



Fig. 8: Extrusora MRSpure com sistema de filtração RSFgenius.

Num processo final de peletização em anel de água, o material é então transformado em pellets uniformes, de modo a passar com êxito os rigorosos controles de qualidade. Este processo garante uma elevada homogeneidade e consistência dos grãos, o que é crucial para a transformação posterior em materiais de embalagem em contacto com os alimentos.

## 5. Resumo

Uma aplicação importante para o PEAD pós-consumo é a produção de tampas para garrafas. Propriedades como a estrutura molecular densa e a ampla tolerância à temperatura oferecem uma série de vantagens, e é possível utilizar os sistemas de lavagem e recolha de garrafas PET existentes. Isto torna as tampas de garrafa de PEAD particularmente adequadas para reciclagem, especialmente para aprovações de contacto com alimentos. O processo Super Clean da Gneuss permite a remoção eficiente de contaminantes e foi testado com sucesso para o reprocessamento de PEAD para embalagens de alimentos.

Este desempenho excepcional é conseguido através da utilização de um sistema de reciclagem Gneuss OMNImax. Este sistema purifica o polímero submetendo-o a um processo de desgaseificação altamente eficiente utilizando uma extrusora MRSpure para remover contaminantes voláteis. As impurezas sólidas são então removidas por filtração ultrafina usando o sistema RSFgenius.

O excelente desempenho de desgaseificação e descontaminação do sistema de reciclagem OMNImax torna possível, pela primeira vez, colocar as tampas de garrafas de PEAD provenientes de coletas pós-consumo novamente em contacto direto com os alimentos, fechando assim diretamente um ciclo de matéria-prima. Isto resulta numa enorme poupança, tanto em termos de energia como de economia. Além disso, a pegada de CO<sub>2</sub> é reduzida em cerca de 60% em comparação com a produção de novas tampas.



**gneuss.com**

## **Impressum**

© 2024 Gneuss Kunststofftechnik GmbH  
Technical Report # R4  
Dr. Axel Hannemann

### **Gneuss Kunststofftechnik GmbH**

Moenichhusen 42  
32549 Bad Oeynhausen  
Deutschland  
Fon: +49 5731 5307 0  
Fax: +49 5731 5307 77  
gneuss@gneuss.com