

ANÁLISE DA SOLDAGEM POR TERMOFUSÃO EM TUBULAÇÕES PARA LINHAS DE AR COMPRIMIDO



GERSON BRITO DA SILVA

GUILHERME BATISTA GREGORIO

MATHEUS SANTOS BISPO

VINICIUS OLIVEIRA GONÇALVES

ORIENTADOR: PROF. EDGAR DUTRA

RESUMO



Resumo

Processo de soldagem Termofusão, consiste na união permanente de materiais termoplástico por meio de seu aquecimento até atingir o ponto de fusão, temperatura onde o material passa do estado sólido para o estado líquido.



<http://www.plasmontec.com/conexoes/soldagem-de-tubulacao-de-polipropileno>

Palavras-chave: Termofusão; inovação; expansão de mercado; Adaptado de Soldagem de Materiais não Metálicos.

Resumo

Polipropileno

O material utilizado será o polipropileno, o mesmo compreende como um copolímero Random (PP), material termoplástico que suporta altos níveis de pressão e temperatura sem ser afetado além de alta durabilidade por seu peso molecular e alta resistência a degradação e diversos produtos químicos, seu ponto de fusão inicia se entre 140° C e 150° C facilitando o processo escolhido e sua aplicação.

(ALESSANDRA FERNANDES SANTOS, 2011)



<https://www.dekyplast.com.br/tubulaoes-polipropileno>

INTRODUÇÃO



Introdução

A união de materiais não metálicos por meio do processo de Termofusão constitui uma técnica vinculada ao aumento controlado da temperatura do material base até atingir seu ponto de fusão.

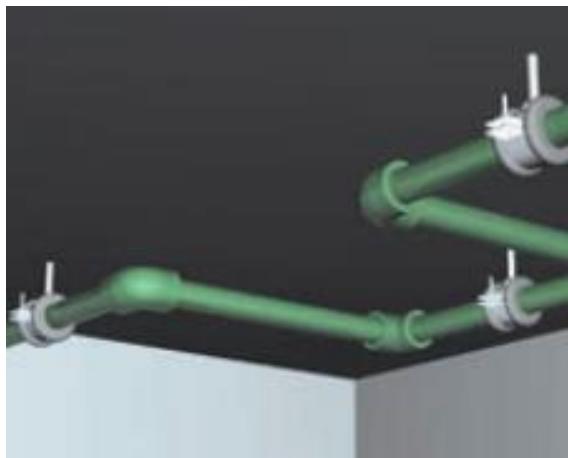


Fonte: PPR Termofusão - Tigre

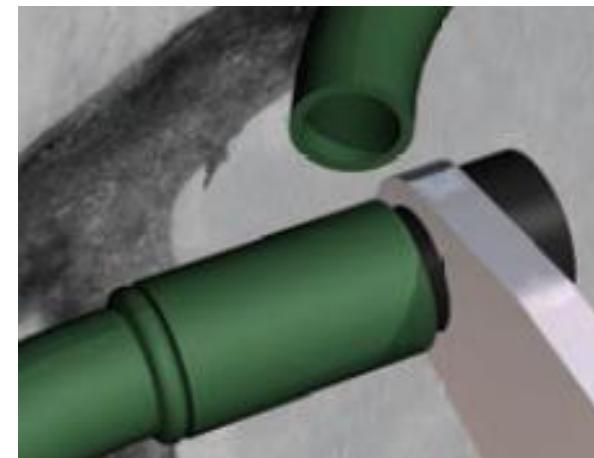
Introdução

Esse método implica no acoplamento das extremidades a serem unidas, seguido pela aplicação de compressão controlada entre as partes e, por último, o resfriamento do material já unido até atingir a temperatura ambiente.

(DANIELETTO, 2007).



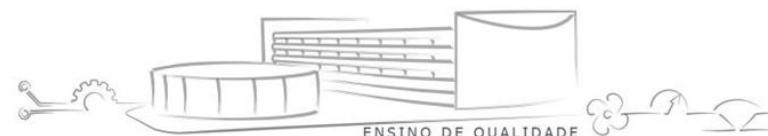
Fonte: PPR Termofusão - Tigre



Justificativa

- Analisar o processo de soldagem por Termofusão de materiais não metálicos, que vem substituindo outros processos mais comuns de mercado, tendo como diferencial o custo, a facilidade do processo e sua versatilidade.
- Identificar os diferenciais do processo como: ausência de corrosão, melhor controle do processo, garantia da potabilidade da água, ar transportado. Excelente isolamento térmico e menor perda de calor em comparação com materiais metálicos, excelente resistência ao impacto (elasticidade do material), alta resistência a baixas temperaturas, excelente desempenho hidráulico em função de suas paredes internas lisas, Facilidade de transporte e manuseio devido à leveza do material inatacável por correntes galvânicas.

(Catálogo Técnico Tigre - Termofusão)



1.2 Objetivo geral

- Apresentar um processo de termofusão e destacar sua importância na área de soldagem de tubulações de ar comprimido.

Objetivos específicos

- Identificar e aplicar as normas do processo de soldagem por termofusão;
- Executar o procedimento de soldagem por termofusão;
- Efetuar a análise visual;
- Realizar ensaios destrutivos e testes conforme normas pertinentes



REVISÃO DA LITERATURA

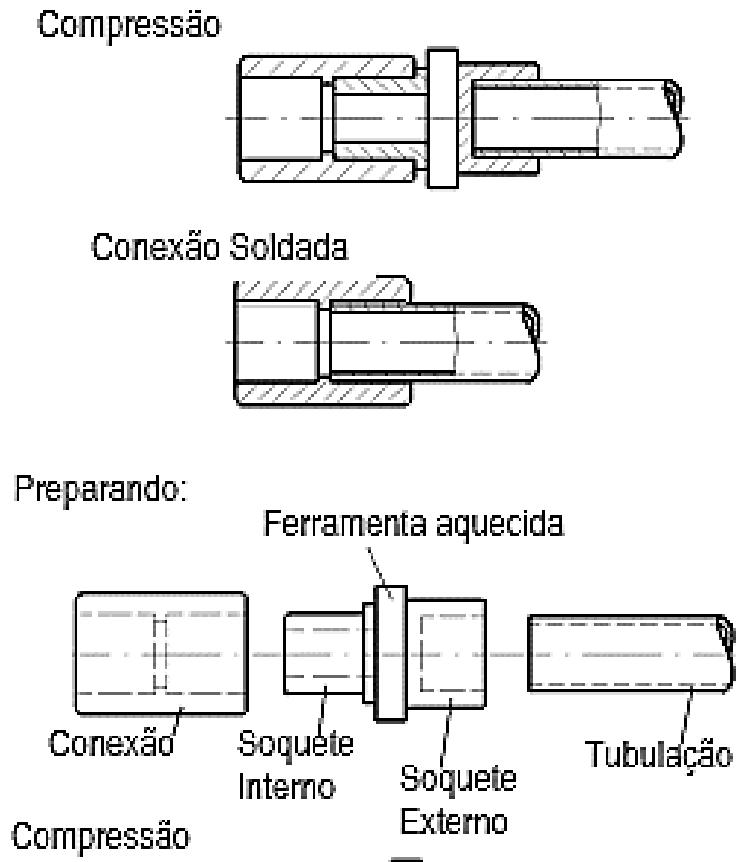


Revisão

Soldagem de Soquete

A soldagem de soquete aquecido é um processo em que o calor é aplicado para fundir as extremidades de tubos, unindo-os. Documentos como (Catálogo Técnico SIMONA,2017) e (Catálogo Técnico TIGRE) abordam os princípios da termofusão no método de soldagem de soquete e suas aplicações na união de tubos conforme (FIGURA 1), enquanto a norma alemã ,explora as técnicas específicas relacionadas à soldagem de soquete.

(DVS 2207-1, 2003).



União dos materiais Termoplásticos

Para ser executada a união dos materiais termoplásticos devemos ter em mente as características do materiais termoplásticos como o polipropileno:

- **1. Compatibilidade Química:** O polipropileno é resistente a muitos produtos químicos, o que contribui para a durabilidade das uniões formadas por termofusão.
- **2. Rapidez e Facilidade de Execução:** A termofusão é um processo relativamente rápido e fácil, exigindo equipamentos simples e treinamento adequado.



União dos materiais Termoplásticos

- **3. Integridade Estrutural:** A junta formada por termofusão tende a ser forte e durável, mantendo a integridade estrutural da tubulação.
- **4. Ausência de Materiais Adicionais:** Em muitos casos, não são necessários materiais de adição, tornando o processo mais econômico.

(SOLDAGEM GLOBAL THERMOPLASTIC
SOLUTIONS, 2017)

<https://www.mecanicaindustrial.com.br/263-o-que-sao-materiais-termoplasticos/>



- PPR

Vantagens:

- Resistência à alta pressão
- Resistência à temperatura alta
- Higiene e não tóxico

Desvantagens:

- Não rápido para a luz
- Não é anti-congelamento

Termofusão:

- Junta forte e duradoura entre materiais poliméricos
- Não requer o uso de materiais adicionais
- Garante a integridade das tubulações e evitando vazamentos

Revisão

Tipos de Juntas

Junta sobreposta – Se refere à onde as superfícies são encaixadas em uma ferramenta aquecida de molde soquete, até a temperatura de soldagem. As juntas sobrepostas são aquecidas e adaptadas no soquete em caráter dimensional para que seja criada uma determinada pressão de união. Este processo pode se dar por método manual com diâmetro de tubo de até 50 mm, a partir de 63mm de diâmetro é necessário de um dispositivo mecânico de soldagem devido a maior força de união das juntas.



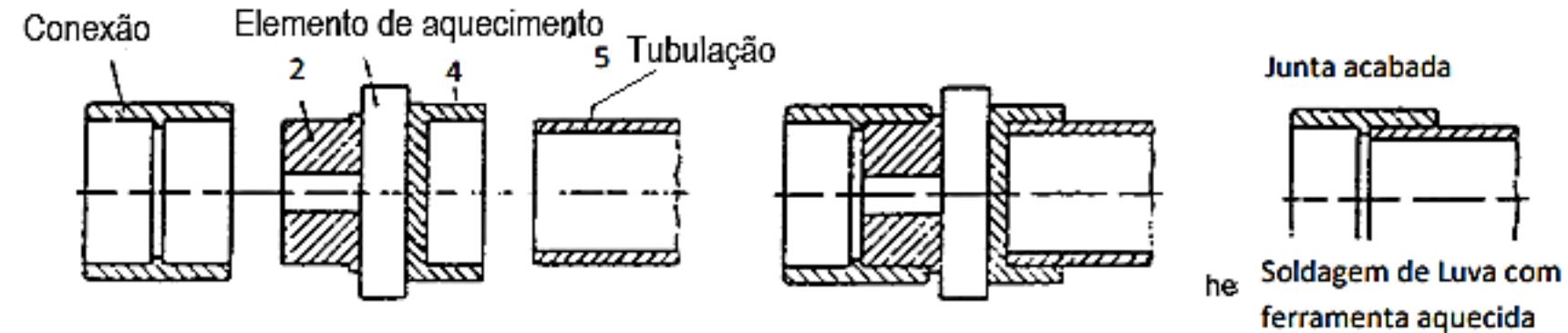
Revisão

Tipos de Juntas

A superfície de conexão do tubo deve ser usinada com uma ferramenta de descascamento onde ela deve estar plana sem nenhuma irregularidade (Estar em 90° a peça a ser unida). Neste contexto, as ferramentas aquecidas a serem utilizadas têm a ser levado em consideração de acordo com a Diretriz DVS 2207 – 1, 2003.

Figura 3 - Processo Termofusão por Solda de Soquete com junta sobreposta

- 1- Adaptador
- 2- Fixador aquecido
- 3- Elemento aquecido
- 4- Camada aquecida
- 5- Tubulação



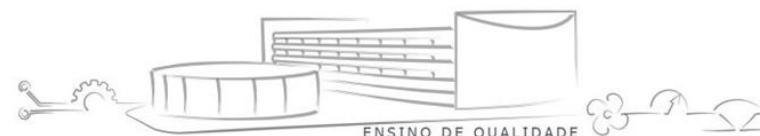
Revisão

Parâmetros

Na soldagem de soquete por termofusão, alguns parâmetros críticos influenciam o resultado da união termoplástica. Na tabela 2 estão alguns dos principais parâmetros: Temperatura de Fusão, Pressão de Soldagem, Tempo de Fusão, Dimensões dos Equipamentos, Resfriamento Controlado e Qualidade do Material e Limpeza das Superfícies.

A temperatura deve ser controlada para garantir que o material atinja o estado viscoso necessário para a fusão adequada. O controle preciso é essencial para evitar danos ao material.

(CATÁLOGO TÉCNICO TIGRE, 2020)



Revisão

Parâmetros

Diâmetro de tubos e/ou conexões	Profundidade de inserção no bocal - p(mm)	Tempo mínimo de aquecimento (segundos)	Intervalo máximo para acoplamento (segundos)	Tempo de esfriamento (minutos)
20	12	5	4	2
25	13	7	4	2
32	14,5	8	6	4
40	16	12	6	4
50	18	18	6	4
63	24	24	8	6
75	26	30	8	6
90	29	40	8	6

Tabela 2 - Parâmetros de inserção e período

Nota: caso a temperatura ambiente esteja abaixo de 10°Celcius deve se consultar outra tabela

Revisão

Parâmetros

**Tabela 3 – Solda de topo de PP,
CONF. DVS 2207 – Parte 11
(1999) MFI5 de 0,4 a 1,0 g/10
min**

Espessura do Tubo	P ¹ , t ¹ pré-aquece - aquece (1,0±0,1) bar	P ² , t ² Aquece. 0 a 0,1bar	Tp Retirada da placa de solda	Ts Elevar a pressão	P ³ , t ³ Resfriamento (1,0±0,1) bar
mm	Larg. Inicial do cordão(B)mm	Tempo S	Tempo Max. S	Tempo S	Tempo Min.
Até 4,5	0,5	135	5	6	6
4,3 - 7	0,5	135 - 175	5 - 6	6 - 7	6 - 12
7 - 12	1,0	175 - 245	6 - 7	7 - 11	12 - 20
12 - 19	1,0	245 - 330	7 - 9	11 - 17	20 - 30
19 - 26	1,5	330 - 400	9 - 11	17 - 22	30 - 40
26 - 37	2,0	400 - 485	11 - 14	22 - 32	40 - 55
37 - 50	2,5	485 - 560	14 - 17	32 - 43	55 - 70

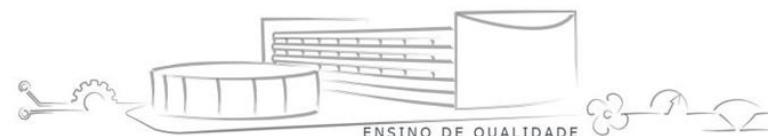
Material de Base



Material de Base

O material utilizado é da classe dos polímeros termoplásticos, Polipropileno Copolímero Random (PPR) uma resina que é resultado de alguns processos químicos complexos composta principalmente de petróleo.

Desenvolvida na Europa na década de 50 se tornou uma solução na criação de tubos e conexões afim de suportar pressão em altas temperaturas e processos de corrosão sem apresentar vazamentos.



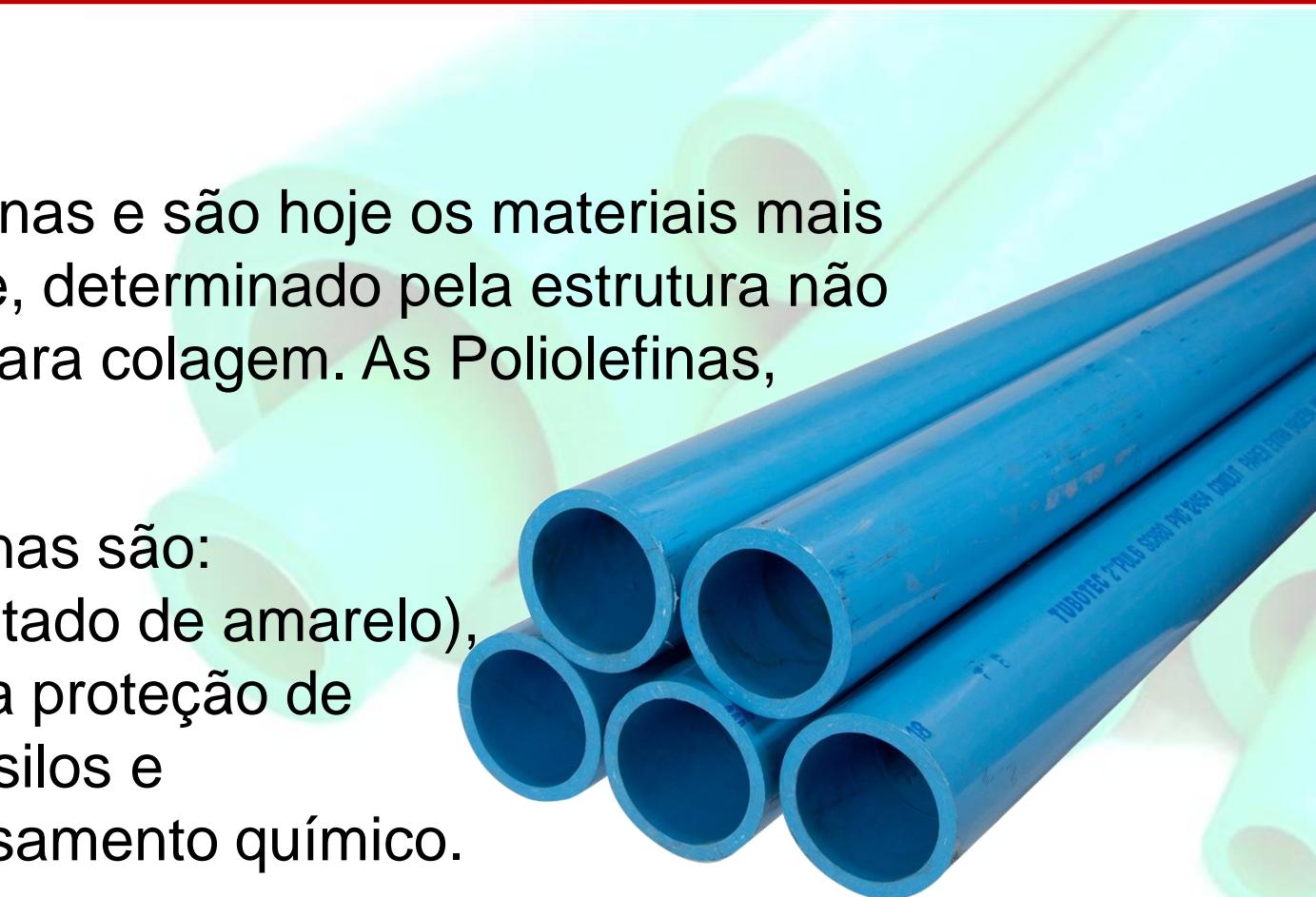
<https://www.belfano.com.br/tubos-conexoes-ppr-random-tubelli/tubos-ppr-random-polipropileno-copolimero-random-tipo-3-soldaveis/>

Material de Base

O PP e o PE são do grupo das poliolefinas e são hoje os materiais mais importantes, devido sua não polaridade, determinado pela estrutura não molecular, eles não são processados para colagem. As Poliolefinas, entretanto, são muito bem soldáveis.

A gama de aplicações para os poliolefinas são:
tubos de gás (somente o PE - duro, pintado de amarelo),
tubos de água e química, conduíte para proteção de
tubos, tubos de escape, trabalhos em silos e
genericamente em aparatos de processamento químico.

(ALESSANDRA FERNANDES SANTOS, 2011)



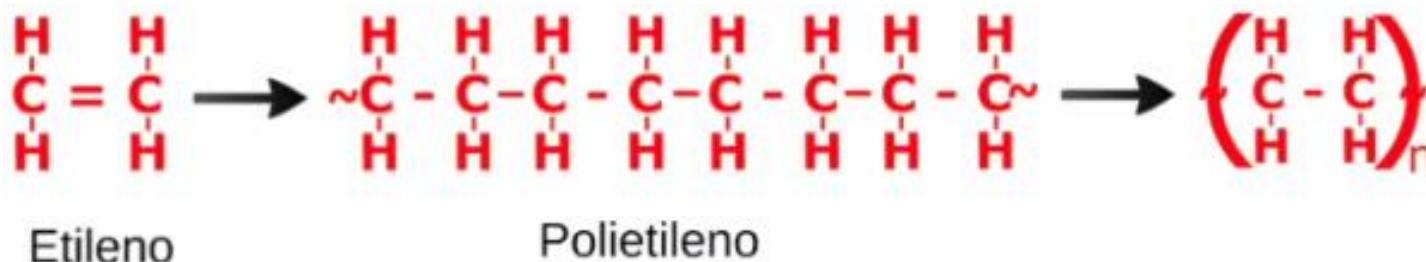
Estrutura Molecular do Material



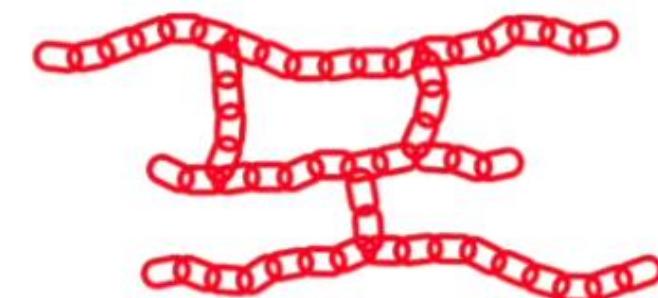
Movimentação Molecular

Termoplásticos: Quando os polímeros recebem a aplicação de calor e entram na zona de fusão, suas moléculas se quebram, gerando vários monômeros. Após o resfriamento, esses monômeros se unem novamente, formando macromoléculas.

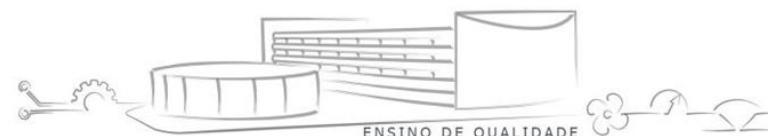
Termofixos e Elastômeros: Nestes materiais, as moléculas têm ligações desordenadas, como exemplificado na figura 44.



Fonte: Artigo Plastic Academy Ricardo Cuzziol (2017)
Figura 43 - Macromolécula 3



Fonte: Artigo Plastic Academy Ricardo Cuzziol (2017)
Figura 44 - Macromolécula 4



Termoplásticos Amorfo x Cristalino

A diferença de energia necessária para elevar um material do estado sólido para o estado fluido varia entre um material cristalino, como o poliacetal, e um material amorfo, como o polietileno.

Existem três tipos de temperaturas de transição para materiais poliméricos: TG (Temperatura de Transição Vítreia), TM (Temperatura de Fusão Cristalina) e TC (Temperatura de Cristalização)

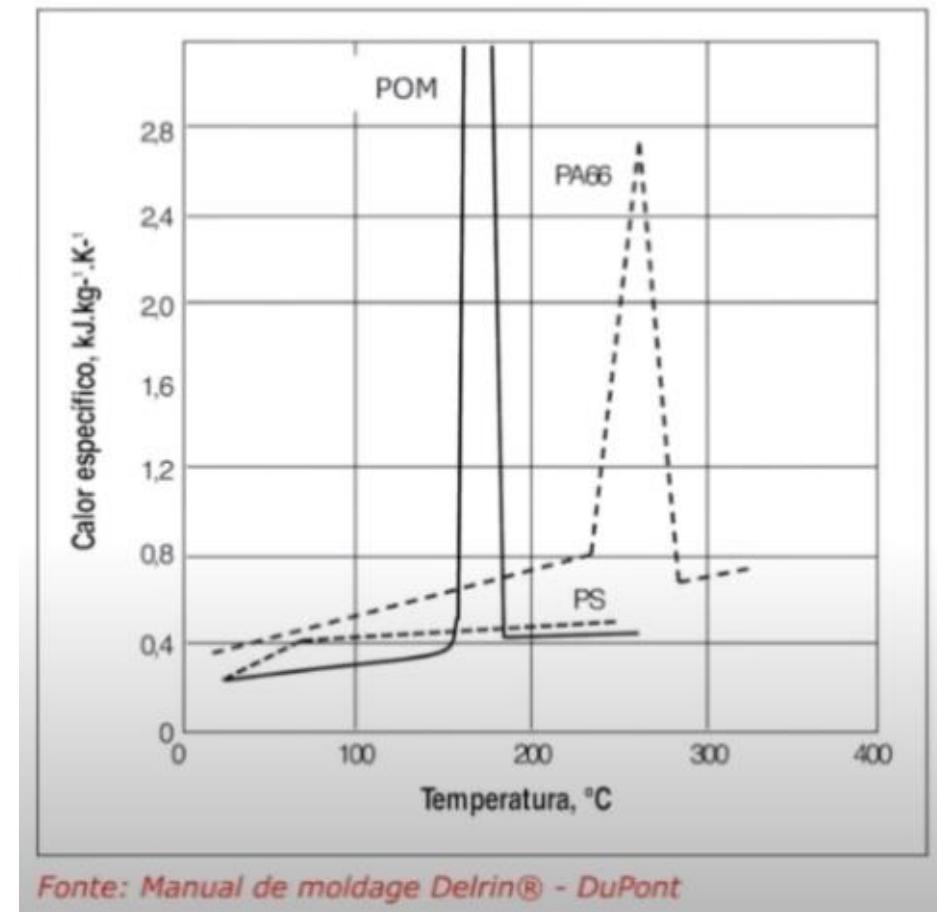
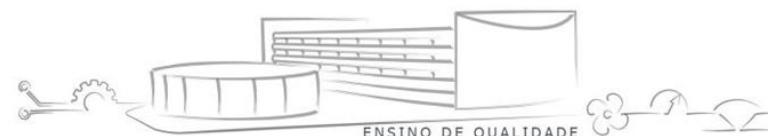


Figura 47 - Temperaturas de transição para materiais poliméricos
Fonte: Manual De Moldage Delrin – Dupont (2024)

Temperatura de Transição Vítreia TG

A TG (Temperatura de Transição Vítreia) é uma palavra que vem do inglês, Glass transition temperature. É a temperatura na qual, para um sólido amorfo, as forças que mantêm suas moléculas coesas são superadas pela movimentação molecular induzida termicamente.

Acima desta temperatura, há uma movimentação molecular para materiais amorfos, enquanto abaixo dela não há ou há uma baixa movimentação molecular, deixando o material rígido, ou seja, o material está vítreo.



A TG em materiais amorfos está acima da temperatura ambiente devido à configuração molecular desses materiais. Ao passar da fase sólida para a fase líquida, não estão realizando uma fusão, como os materiais cristalinos, mas sim uma transição de fase chamada de transição vítreo (TG)

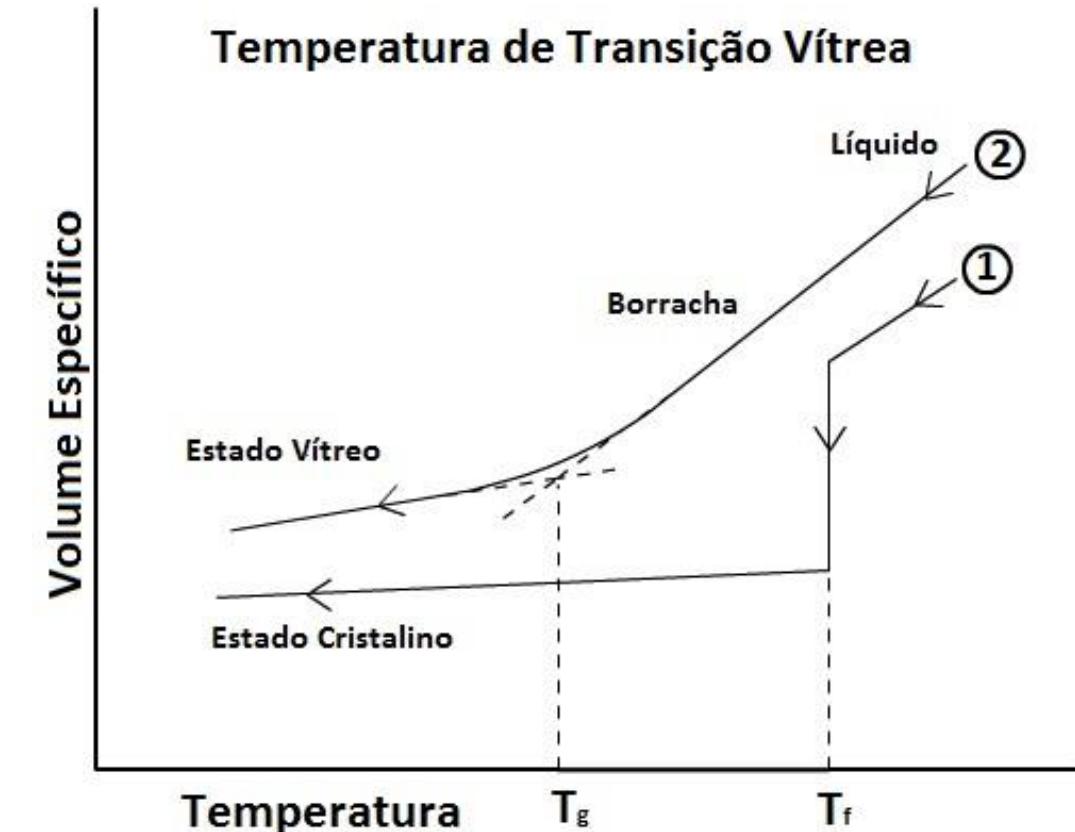


Figura 48 - Influência da temperatura no comportamento mecânico do polímero
Fonte: DGEBA - Diglicidil Éter Bisfenol A (2024)

Temperatura de Fusão Cristalina TM

A temperatura na qual a estrutura cristalina dos polímeros cristalinos é "destruída", levando-os ao estado amorfó, indica o ponto de fusão do material, no qual os cristais deixam de existir e sua estrutura molecular se torna aleatória. Materiais amorfos não possuem um ponto de fusão (TM). No caso dos polímeros semicristalinos, esse ponto de fusão indica o momento em que eles se tornam fluidos.

Temperatura de Cristalização TC

A temperatura na qual os cristais da estrutura molecular dos materiais cristalinos se formam novamente é chamada de temperatura de cristalização (TC). A TC é uma temperatura distinta da TM, geralmente sendo menor que a temperatura de fusão. Isso ocorre devido à cinética de fusão dos cristais ser diferente da formação de cristais.

Temperatura máxima de trabalho de um polímero

Há três testes para avaliar isso.

- Temperatura Relativa (RTI)
- HDT (Temperature Deflection Test)
- temperatura de amolecimento Vicat.

NORMAS E ENSAIOS



Revisão

Especificação de Procedimento de Fusão

- Identificação dos tubos e conexões;
- Identificação do DE (diâmetro externo);
- SDR (Proporção de dimensão padrão);
- Tipo de material;
- Nomes dos fabricantes do tubo e conexão;
- Códigos do lote de fabricação
- Controle visual do bulbo final de solda;
- Informando sua aparência;
- Uniformidade;
- Contaminações;
- Medidas alinhamento;
- Parâmetros de Solda;
- Nome da (o) elaborador (a);
- Nome da (o) Inspetor (a) responsável;
- Assinatura Inspetor (a) responsável que está qualificando;
- Código da (o) Inspetor (a) responsável;
- Data de execução da solda.

Revisão

Normas Aplicáveis à Soldagem de Termofusão

- NBR 14.464 - Sistemas para Distribuição de Gás Combustível para Redes Enterradas Execução de Solda de Topo (EM REVISÃO – aguardar versão 2013);
- NBR 14.472 – Tubo de Polietileno PE 80 e PE 100 – Qualificação do Soldador (Módulo 3);
- NTS 060 - Tubos de Polietileno PE 80 e PE 100 para redes de água e adutoras – procedimento de solda de topo;
- DVS 2207-1 - Soldagem de Materiais Termoplásticos – Soldagem de Tubos, Conexões e Placas –Parte 1 – Procedimentos;

Normas Aplicáveis à Soldagem de Termofusão

- DVS 2202-1 - Teste de Produtos Semiacabados de Polietileno -Avaliação de Solda;
- ISO 21307 - Tubos e Conexões Plásticas – Procedimentos de Solda de Topo para Tubos e
- Conexões de Polietileno (PE) para Distribuição de Água e Gás Combustível; - DS/INF 70-2 - Tubulações plásticas – Procedimento de Solda de Termofusão de Topo; - DS/INF 70-3 - Tubulações Plásticas – Solda de Termofusão de Topo – Inspeção Visual. (CENTRO PAULA SOUZA)

Controle de Qualidade



Controle de Qualidade

Para uma solda bem-feita, o material a ser soldado deve estar limpo, sem impurezas, e deve ter um chanfro totalmente uniforme para evitar irregularidades. Tubos que deveriam ser planos e estão tortos apresentam problemas de difusão do material; se o chanfro estiver irregular, uma parte do tubo pode se difundir mais que outra, resultando em falta de difusão e baixa união, criando um ponto de fragilidade.

Outro problema que pode ocorrer é o resfriamento abrupto, que pode tornar o material mais frágil ou mais dúctil, dependendo de como é resfriado. É importante lembrar que, dependendo da temperatura de soldagem, devem ser considerados cuidados específicos, pois temperaturas abaixo de 10°C causam alterações tanto na execução da soldagem quanto no resfriamento do material. O material polimérico se comporta de maneira semelhante aos aços em relação ao tratamento térmico, elementos de liga e composição química, onde, dependendo de sua composição, suas propriedades químicas e mecânicas e sua função podem mudar (SANTOS, 2011).

Materiais e Métodos



Materiais

Ramo de Atuação

Indústria Alimentícia e Embalagens



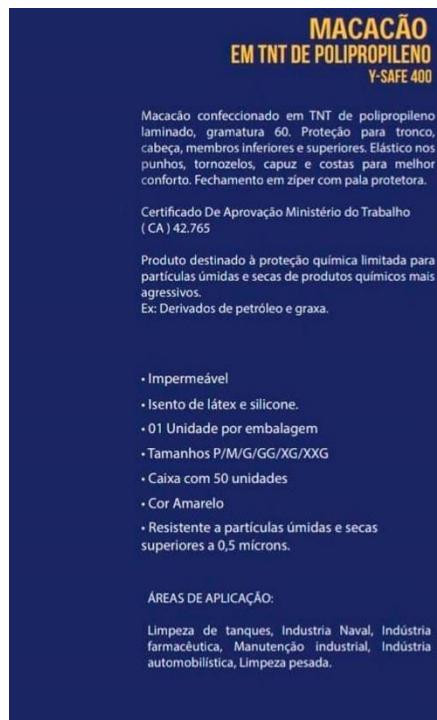
Construção e Energia



Materiais

Ramo de Atuação

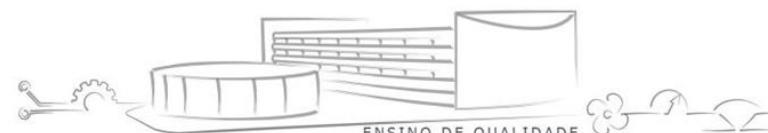
Indústria Farmacêutica e Médico



Indústria Têxtil



Fonte: CIMETSAS, 2019



Materiais



Materiais

Soldagem por soquete:

Nesse método, os tubos ou conexões são inseridos em um soquete aquecido pela termofusora (Figura 4), que promove o aquecimento e fusão das superfícies.

Após a fusão, os elementos são unidos e mantidos em posição até que a junta esteja completamente resfriada e solidificada.

Equipamento para soldagem de Termofusão por método de soquete



Materiais

Equipamentos de controle

Assim como todo método, a soldagem por soquete necessita de materiais específicos para uma conclusão bem-sucedida.

Durante o processo deve se ter uma junta limpa, uniforme e perpendicular, o monitoramento dos parâmetros de temperatura deve ser constantemente verificado e após a conclusão se faz necessário realizar a inspeção



Materiais

- **Tesoura de corte.** (Para corte em tubos com pequenos diâmetros) usado em diâmetros pequenos.
- **Termofusora** (Máquina onde se aplica o aquecimento dos tubos).
- **Régua / Paquímetro** (Para aferir as cotas)
- **Faceador** (para deixar o tubo com corte plano sem rebarbas) usados em diâmetros grandes.

Fonte: (CENTRO PAULA SOUZA)

Materiais

Esse trabalho será realizado com a seguinte Máquina:

Tabela - Características técnicas termofusora

Características do produto	
Marca	Dajing
Modelo	Dj-009
Potência máxima	1000w
Potência mínima	800w
Temperatura de operação	240ºc ~ 300ºc
Fonte de alimentação	220v
Frequência	60hz
Diâmetros dos bocais	20mm, 25mm, 32mm, 40mm e 50mm
Diâmetro do cortador	3mm ~ 42mm
Placa de aquecimento	Alumínio
Base	Aço
Alça	Plástico

Figura 7 - Termofusora Dj-009



Fonte: Catálogo Dajing

Planejamento de Soldagem de Soquete

1) Realizamos a limpeza dos bocais da termofusão com um pano embebido em álcool e verificamos se as placas do equipamento está de modo correto



2) Corte dos tubos com tesoura. (Recomendasse a tesoura para evitar as rebarbas ao se cortar com outro material)



3) limpe o tubo e o interior do bocal com um pano embebido em álcool.



4) marque a profundidade de inserção na ponta do tubo, conforme a medida especificada na tabela 1, de acordo com o diâmetro.



5) introduza simultaneamente os tubos e/ou as conexões em seus respectivos bocais, de forma perpendicular à placa termofusora.



6) retire os tubos e/ou conexões da termofusão após passado o tempo mínimo determinado para a fusão, conforme tabela.

7) imediatamente execute à união. Introduza o tubo na conexão. (Durante 3 segundos, é possível alinhar a conexão ou girá-la não mais que 15°).

8) recomenda-se deixar a junta em repouso até atingir resfriamento total.

Solda Executada



Solda Executada



Solda Executada

Solda I



Alinhamento:

Parâmetros

Temperatura:
284° C
Tempo A: 7s
Tempo B: 4s
Tempo C: 2min

Análise

Cordão uniforme, livre de falhas e variações de tamanho. Alinhamento fixo sem alterações apresentando uma solda considerada ideal.

Solda Executada

Solda II



Parâmetros

Temperatura: 284° C
Tempo A: 10,5s
Tempo B: 6s
Tempo C: 2min

Análise

Cordão falho com variações de tamanho e forma .
Alinhamento fixo
Alto Aquecimento

Solda Executada

Solda XIV



Parâmetros

Temperatura:
260° C
Tempo A: 3,5s
Tempo B: 4s
Tempo C: 2min

Análise

Cordão insuficiente ou ausente
Alinhamento Fixo
Baixo Aquecimento

Solda Executada

Solda IV



Parâmetros

Temperatura:
284° C
Tempo A: 7s
Tempo B: 4s
Tempo C: 2min

Análise

Cordão desuniforme, e fora
de acoplamento
Desalinhamento de 7 mm

Obs: O período de tempo descrito em sequência alfabética corresponde :
Tempo A : Tempo de aquecimento das juntas.
Tempo B: Tempo de Acoplamento das juntas.
Tempo C: Tempo de Resfriamento das juntas .

Ensaio Poliméricos



Ensaios Poliméricos

Ensaios Mecânicos:

1. Tração
2. Flexão
3. Compressão
4. Impacto
5. Fadiga
6. Dureza
7. Relaxação de tensão

Ensaios Térmicos:

1. Análise Térmica (DSC, TGA, TMA)
2. Temperatura de Deflexão Térmica (HDT)
3. Temperatura de Transição Vítrea (Tg)
4. Estabilidade Térmica
5. Relative Thermal Index (RTI)

Ensaios de Morfologia e Microestrutura:

- Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)
- Microscopia Óptica
- Microscopia de Força Atômica (AFM)
- Microscopia Confocal
- Microscopia Eletrônica de Transmissão (TEM)
- Análise de Porosidade

Ensaios de Propriedades Elétricas:

1. Resistividade
2. Permissividade
3. Resistência ao Arco

Fonte: Encyclopedia of Polymer Science and Technology (2002)



Ensaios Poliméricos

Ensaios de Espectroscopia:

1. Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)
2. Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear (RMN)
3. Espectroscopia Raman
4. Espectrometria de Massas (MS)
5. Espectroscopia de Fluorescência

Ensaios de Análise Química: Ensaios de Inflamabilidade e

1. Cromatografia Gasosa (GC)
2. Cromatografia Líquida (HPLC)
3. Espectrometria de Massas (MS)
4. Análise Elemental (CHN)

Comportamento ao Fogo:

1. Teste de Inflamabilidade UL94
2. Teste de Propagação de Chama (ASTM E84)
3. Análise de Decomposição de Gases (TG-DSC-FTIR)

Ensaios de Resistência Química:

1. Imersão em Solventes
2. Testes de Interação Química

Fonte: Encyclopedia of Polymer Science and Technology (2002)



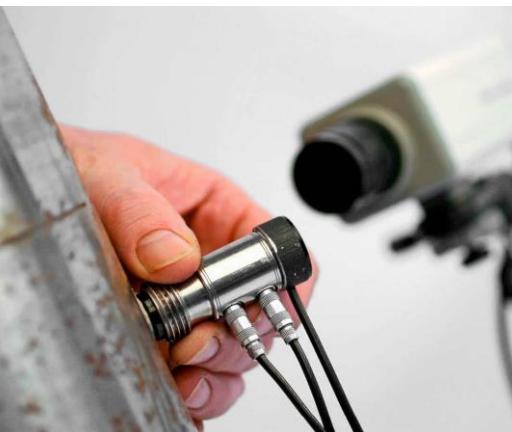
Ensaio



Ensaios

Ensaios não destrutivos

Os ensaios não destrutivos (END) são aplicados para avaliar a estrutura do material, verificar a integridade e detectar a presença de descontinuidades sem causar danos permanentes ao objeto ou material em questão.
(DVS 2203 -1,1999)



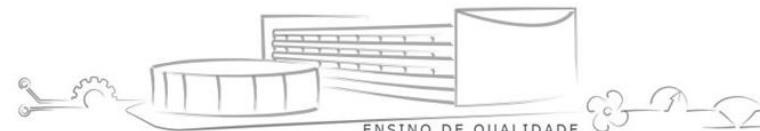
Revisão

Ensaio Visual

- Códigos do lote de fabricação, que permitam rastrear as produções deles nos programas de qualidade dos fabricantes;
- Identificação dos tubos e conexões;
- Informando sua aparência;
- Data de execução da solda;
- Tipo de material;
- Contaminações;
- Uniformidade



Fonte: (Centro Paula Souza)



<https://ensaio-nao-destrutivo-end.com.br/servico-ensaios-nao-destrutivos-equipamentos/>

Relatório do Ensaio Visual



Resumo

Durante a execução da construção de um módulo de teste em tubulação de polipropileno, foram executadas 16 soldas, com os mais variados parâmetros de temperatura, tempo de aquecimento, tempo de acoplamento, tempo de resfriamento e Alinhamento, onde foram selecionadas 4 para análise que correspondem ao processo.

Metodologia

Para esta análise, utilizamos parâmetros padrão normatizado de acordo com a diâmetro do tubo a ser soldado, e realizamos variações deste que é considerado ideal conforme a imagem

Teste de Estanqueidade



Teste de Estanqueidade

Materiais Necessários Para Construção Do Modulo De Teste



Fonte: Autoria própria (2024)

Materiais utilizados para a limpeza do PPR



Fonte: Autoria própria (2024)

Tubos com comprimento de 100mm cada



Fonte: Autoria própria (2024)

- 1 tubo com 200mm/2 tubos com 72,5mm e uma união (tipo 3)



Fonte: Autoria própria (2024)

Teste de Estanqueidade

Aferindo temperatura
(conforme DVS-2207)



Fonte: Autoria própria (2024)

Soldagem modo soquete



Fonte: Autoria própria (2024)

Módulo de teste de estanqueidade já montado/modulo de teste com 2kgbar de pressão



Fonte: Autoria própria (2024)



Fonte: Autoria própria (2024)

Teste de Estanqueidade

Relatório de Teste de Pressão	
Obra: Fatec Itaquera – Profº Miguel reale	Endereço: Av: Eng Ardevam Machado, s/n – Vila carmosina
Cidade: SÃO PAULO	Estado: SP
Responsável pela obra: Edgar de Souza Dutra	
Responsável pela Teste: Grupo Tcc Termofusão	
Hora inicial do teste: 10h	Hora final do teste: 14h30m
Teste Inicial	
Máxima pressão de serviço x 1,5 =	2,1 Bar
Queda de pressão após 30 minutos:	0 Bar
Resultado do Teste Inicial:	2,1 Bar
Teste Principal	
Pressão de serviço:	2,1 Bar
Queda de Pressão após duas horas :	0 Bar
Resultado do Teste principal:	2,1 Bar

Teste Final	
Pressão aplicada de forma alternada, durante uma hora de pressão de 2 Bar, 1 Bar e rede despressurizada a intervalo único, foi realizado teste com solução de bolhas .	
Foi detectado algum vazamento ou trinca? Em caso negativo teste será Aprovado.	
POSITIVO	NEGATIVO
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> X
Lugar:	Data: _____ / _____ / _____
Assinatura do responsável pelo Teste	Assinatura do responsável pela obra



Ensaio Destrutivo



Ensaio Destruutivo

Nesta etapa, realizamos o teste de ductilidade para avaliar a capacidade do material de se deformar continuamente sem fraturar.

Tubo PP antes do teste de ductilidade



Tubo fixado na morsa antes do teste/tubo já comprimido



Tubo PP após o teste (não houve fraturas visuais); teste de ductilidade aprovado



Fonte: Autoria própria (2024)

Ensaio de Calorimetria Diferencial Exploratória



O ensaio de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) é uma técnica fundamental na caracterização de materiais, com destaque especial para os polímeros. Através do DSC, é possível obter uma compreensão abrangente do comportamento térmico desses materiais, desempenhando um papel crucial em diversas áreas, desde pesquisa e desenvolvimento de materiais até controle de qualidade e aplicações industriais variadas. Nessa etapa, realizamos a análise plastográfica, no equipamento DSC do material PPR Virgem e PPR da região já soldada, para realizar comparações de possíveis mudanças moleculares do material.



Equipamento DSC para realização de teste em laboratório.



Cadinho de Equipamento DSC para realização de teste em laboratório.



cadinho e tampa com fechamento hermético utilizada para realização do teste.



Fonte: Autoria própria (2024)

balança de precisão utilizada para pesagem da amostra do corpo de prova.



realizamos a retirada da amostra já soldada do corpo de prova do modulo de teste de estanqueidade para a realização do teste DSC.



amostra milimétrica retirada que será analisada no equipamento DSC.



amostra soldada sendo pesada juntamente com o cadinho com o valor total de 5,89mg.



Fonte: Autoria própria (2024)

cadinho e encaixo do cadinho
aguardando fechamento para a
realização da análise.



mecanismo de compressão
utilizado para fechamento
Hermético do cadinho e tampa.



cadinho tampado hermeticamente



amostra soldada sendo pesada
juntamente com o cadinho com o
valor total de 7,64mg.



Fonte: Autoria própria (2024)

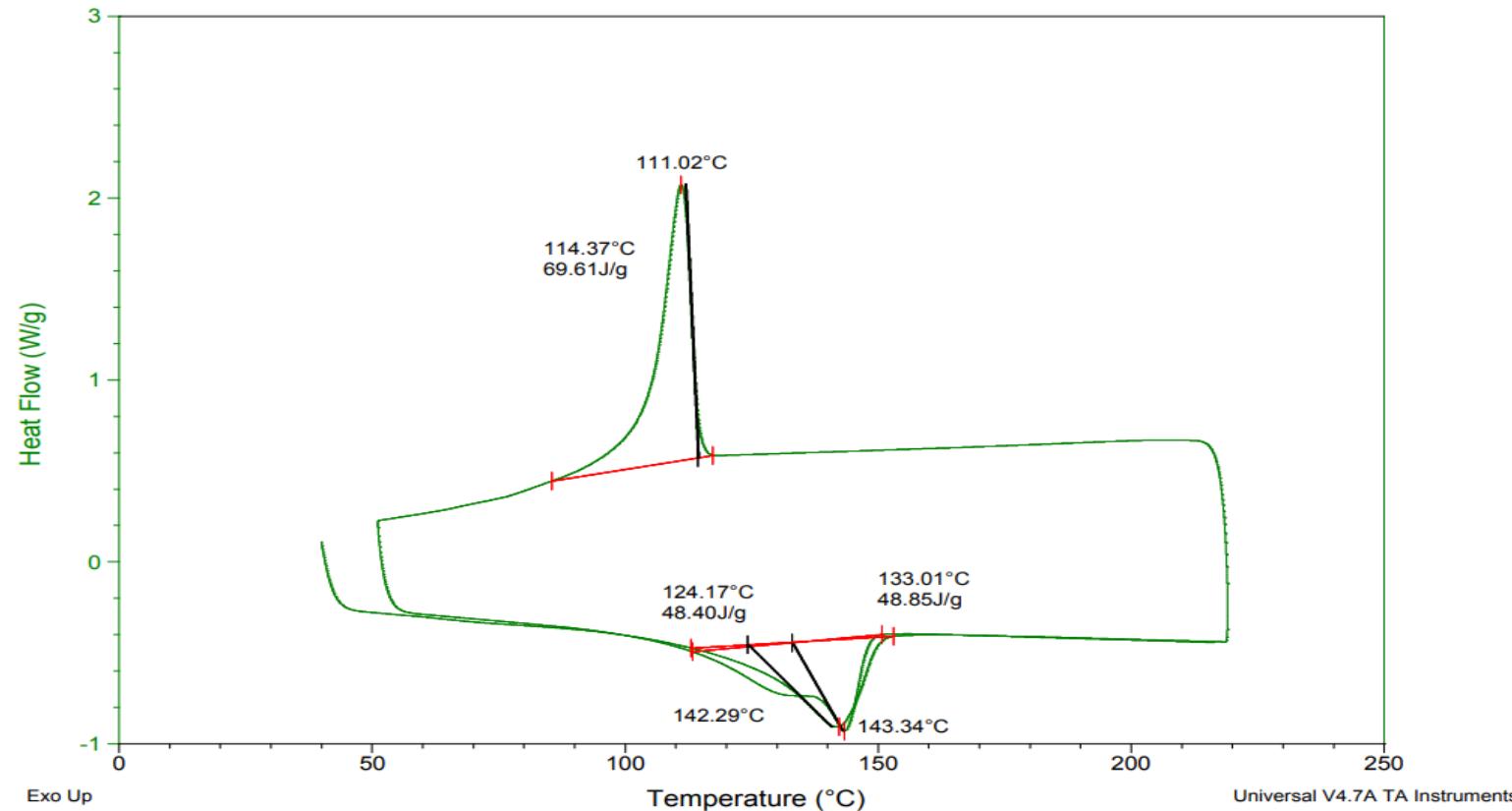
Resultados do Teste DSC

Sample: PPR virgem_a
Size: 8.4900 mg
Method: Heat/Cool/Heat

PPR Virgem

DSC

File: C:\Sandro amiostras\PPR virgem_a.001
Operator: PEDRO
Run Date: 06-Jan-2002 00:41
Instrument: DSC Q20 V24.9 Build 121



Fatec Itaquera

Prof. Miguel Reale

Resultados do Teste DSC

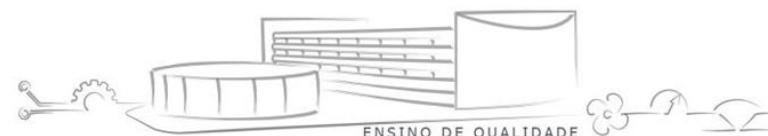
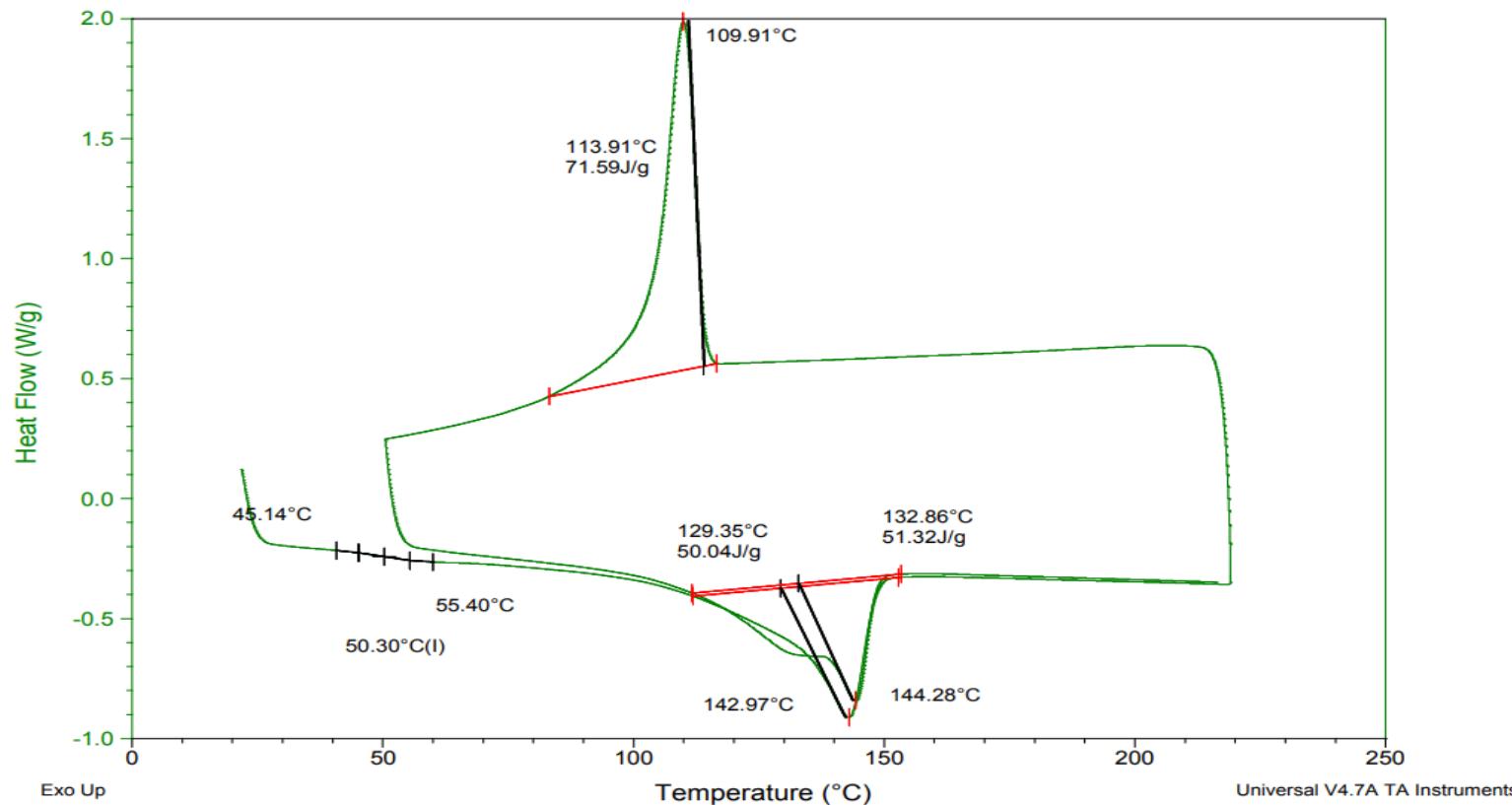
74

Sample: PPR solda
Size: 5.9100 mg
Method: Heat/Cool/Heat

PPR Amostra de solda

DSC

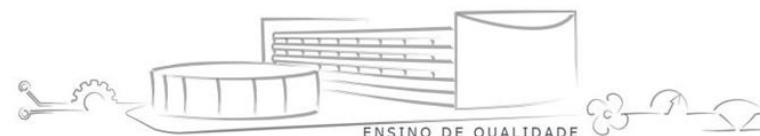
File: C:\DSC\Sandro amiostras\PPR solda.001
Operator: PEDRO
Run Date: 06-Jan-2002 21:00
Instrument: DSC Q20 V24.9 Build 121



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Resultados do Teste DSC

De acordo com a ASTM D3418-21, o método de Teste Padrão para Temperaturas de Transição e de Fusão e Cristalização de Polímeros por Calorimetria de Varredura Diferencial é uma técnica fundamental na caracterização de materiais, com destaque especial para os polímeros. Através do DSC, é possível obter uma compreensão abrangente do comportamento térmico desses materiais, desempenhando um papel crucial em diversas áreas, desde pesquisa e desenvolvimento de materiais até controle de qualidade e aplicações industriais variadas.



Conclusão

Conclusão

Concluímos que o material usado tende a ser tão resistente quanto os aços e com uma maior taxa de aproveitamento, tendo maior taxa de vida útil, sendo mais leve e relativa facilidade a ser soldado. Com a análises de testes e ensaios feitos vemos que o material pode ser qualificado e analisado para maior segurança operacional. Nosso objetivo com o estudo é ajudar a ministrar aulas ou estudos relacionados.

Fonte: Catálogo Dajing



CRONOGRAMA



Cronograma



ATIVIDADE	2023						2024					
	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
Pesquisa Bibliográfica e Documental												
Desenvolvimento do planejamento												
Estudo do equipamento												
Preparação dos tubos de PP												
Elaboração da EPF												
Soldagem do termofusão												
Corte dos corpos de prova												
Realização dos Ensaios												
Análises dos critérios de aceitação												
Análise dos Resultados												
Conclusão Final do TCC												

REFERÊNCIAS

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação. Rio de Janeiro, 2002. 7 p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**

ABPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TUBOS POLIOLEFÍNICOS E SISTEMAS 2013

CASTRO, T. B.: **Soldagem por termofusão aplicado em tubos fabricados de poliamida** UFU – 2012.

TIGRE. **Catalogo técnico PPR Termofusão** – Tigre (2012).

CEFET-MG – IVALNIZA FELIZARDO 2019

CPS. **Soldagem de termoplásticos 2 - (soldagem por termofusão e eletrofusão)** – Centro Paula Souza (2023).

DVS 2202-1,1989 **Imperfeições em juntas de solda** termoplásticas - 1989

DVS 2203 -1,1999 **Ensaios de Juntas Soldadas de chapas e tubos termoplásticos, Métodos de ensaio – Requisitos** - 1999

Algumas Referências



**A equipe de desenvolvimento do projeto
agradece a presença de todos**

