

Materiais

Chapas absorvedoras de vibração: composição, propriedades e aplicação

Uma das práticas que vêm sendo adotadas com sucesso para reduzir o nível de ruído gerado por máquinas e equipamentos é o uso de materiais que absorvem parte desse ruído, como as chapas absorvedoras de vibração ou chapas-sanduíche, constituídas de duas chapas metálicas separadas por um núcleo de resina plástica. Uma das principais questões envolvidas na fabricação dessas chapas é a seleção do material do núcleo, que deve atender de forma plena e economicamente competitiva a requisitos de amortecimento, estampabilidade, soldabilidade, resistência à degradação térmica, à corrosão e à chama. Este trabalho tem como objetivo descrever as abordagens adotadas para que a resina possa apresentar propriedades balanceadas em relação a todos esses requisitos.

A. A. Gorni

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, o ruído é um fenômeno acústico que produz sensação auditiva desagradável. Sua presença na sociedade moderna é cada vez maior, uma vez que a evolução tecnológica está colocando uma quantidade cada vez maior de bens de consumo duráveis ao alcance de estratos cada vez mais amplos da população. Ou seja, está ocorrendo um aumento cada vez maior do número de máquinas em operação, as quais inevitavelmente geram algum

ruído quando em funcionamento. No caso do automóvel, um exemplo perfeito para este caso, as vibrações do motor, sistema de transmissão, ar condicionado e irregularidades do piso são transmitidas para o veículo através de diversos caminhos, como os suportes do motor, suspensões, painéis da carroceria e do assoalho, etc. As vibrações provenientes desses elementos são responsáveis por cerca de 90% da energia acústica que gera incômodo no interior de um automóvel. Não é à toa que a legislação europeia limitou o nível de ruído gerado por automóveis de 82 dB para 74 dB, o que corresponde a uma redução de 84% da energia acústica emitida por eles⁽¹⁻³⁾.

Níveis cada vez maiores de ruído comprovadamente reduzem não só o conforto físico das pessoas como também afetam sua saúde. A surdez é apenas o sintoma mais evidente desse problema. Os países mais desenvolvidos já impõem restrições aos níveis de ruído gerados por automóveis, aparelhos eletroeletrônicos e máquinas industriais para minimizar suas consequências danosas⁽¹⁾. Outro aspecto não desprezível associado à vibração é a redução da vida útil do componente que ela provoca ao acelerar os ciclos de fadiga a ele aplicados⁽⁴⁾.

Os materiais usados na construção de uma máquina podem atuar no sentido de diminuir o ruído por

Antonio Augusto Gorni é Analista de Processos da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente da Companhia Siderúrgica Paulista (Cosipa), em Cubatão, SP, e editor técnico da revista *Corte e Conformação de Metais*. Este artigo foi apresentado como palestra técnica na edição de 2006 do congresso PlastShow, em São Paulo, SP.

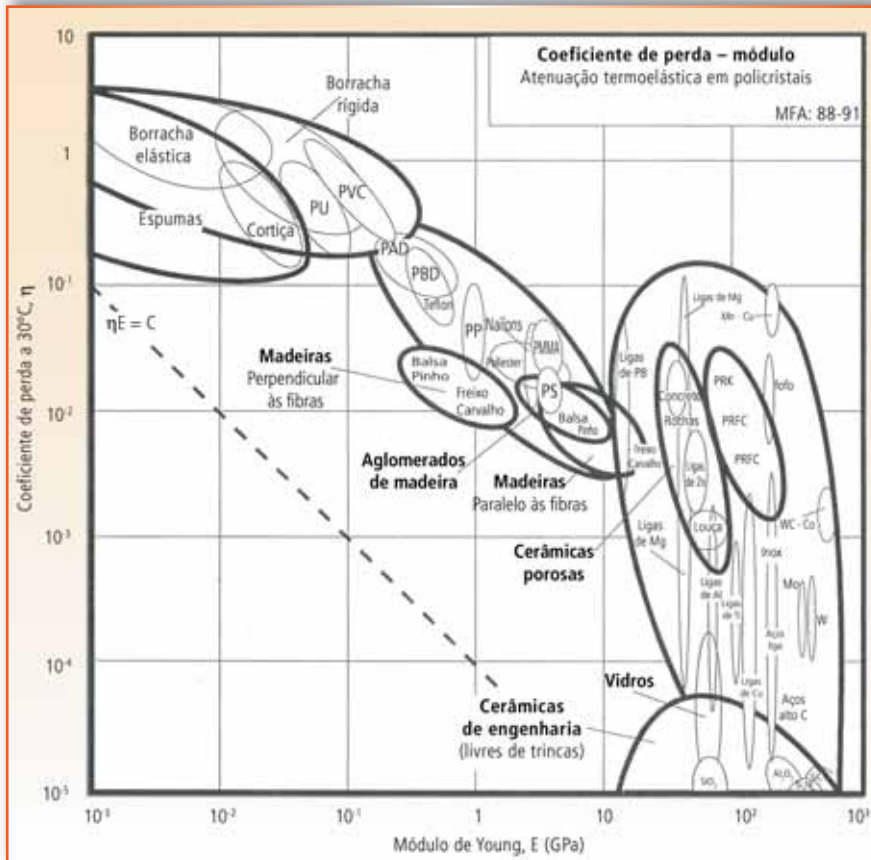


Fig. 1 – Diagrama de Ashby mostrando a relação entre coeficiente de perda e módulo de elasticidade⁽⁵⁾

ela gerado. A princípio, todos eles apresentam capacidade de absorver parte da energia mecânica gerada por uma máquina na forma

de vibrações por meio de seus mecanismos de amortecimento interno ou atrito interno, que se manifestam por uma resistência à

deflexão periódica. A energia assim absorvida é transformada em calor. Essa capacidade de amortecimento pode ser expressa pelo coeficiente de perda η , que é igual à razão da energia U dissipada por ciclo⁽⁵⁾:

$$\eta = \frac{\Delta U}{U} \quad (1)$$

A figura 1 agrupa diversos materiais quanto ao coeficiente de perda versus módulo de elasticidade, conforme a metodologia desenvolvida por Ashby. De maneira geral, essas duas propriedades são inversamente proporcionais entre si. Assim sendo, materiais cerâmicos apresentam capacidade mínima de amortecimento, enquanto os metálicos se espalham ao longo de uma larga amplitude. Já os materiais poliméricos tendem a apresentar alta capacidade de amortecimento, chegando a valores máximos quando na forma de espuma⁽⁵⁾.

A capacidade de amortecimento de um material é determinada pelo intervalo de tempo δ entre o mo-

Agilidade e qualidade sob medida.



Chapas grossas e Oxicorte Açobril para ferramentais e aplicações mecânicas

Distribuição, oxicorte, corte em serra de chapas grossas e extra grossas até 450mm (18") de espessura e tratamento térmico. Materiais classificados conforme as normas EN, ASTM, SAE, USI SAC, COS AR COR, USI SAR, USI AR, COS AR, DIN, HARDOX, WELDOZ, entre outras, com total garantia de rastreabilidade. Empresa certificada pela norma ISO 9001/2000.



Perfis Açobril

- Grande estoque de vigas I, U, H
- Dimensões e comprimentos diferenciados
- Entrega rápida

Fale conosco e conheça as melhores opções para seu projeto.



55 11 6954-0633 - vendas@acobril.com.br
www.acobril.com.br

Materiais das principais Usinas Siderúrgicas
GERDAU USIMINAS COSIPA SSAB

Materiais

mento de aplicação da força sobre o material e o momento em que ele efetivamente se deforma. Este atraso é mais visível em materiais que apresentam comportamento mecânico viscoelástico, como é o caso dos polímeros. Por esse motivo, o valor da tangente de δ é um dos parâmetros usados para medir a capacidade de amortecimento de um material. Este parâmetro, que simboliza o "atrito interno" do material, é definido por

$$\tan \delta = \frac{E''}{E'} \quad (2)$$

onde E' é o chamado módulo de armazenagem (componente elástica) e E'' é o módulo de perda (componente plástica) ou de dissipação viscosa⁽⁶⁾.

O amortecimento mecânico origina-se do fato de que a migração de átomos, de defeitos cristalinos e da energia térmica são processos dependentes do tempo. As discordâncias são virtualmente imóveis nos materiais cerâmicos, o que explica sua capacidade praticamente

nula de amortecimento. As elipses alongadas observadas no caso dos metais indicam os variáveis níveis de ação dos mecanismos de bloqueio de discordâncias, como átomos de soluto e precipitados, os quais variam conforme o nível de resistência mecânica da liga. Nos polímeros ocorre escorregamento entre as cadeias poliméricas quando o material é solicitado, mecanismo físico que absorve energia. Resinas com maiores valores de módulo de elasticidade apresentam ligações secundárias mais fortes,

que proporcionam menor nível de escorregamento entre cadeias e, portanto, menor capacidade de amortecimento⁽⁵⁾.

Aparentemente, resistência mecânica e capacidade de amortização são propriedades incompatíveis num material único. Contudo, é possível conciliá-las associando materiais na forma de compósitos. Um exemplo desse tipo é a chapa amortecedora de vibrações (*vibration damping sheets*) ou chapa-sanduíche, constituída de duas chapas metálicas contendo

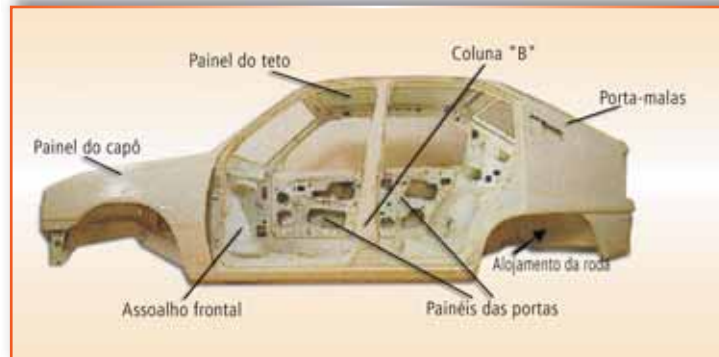


Fig. 2 – Aplicações para chapas absorvedoras de vibração em estruturas de carrocerias automotivas⁽²⁾

TEKNO

REFERÊNCIA EM PRÉ-PINTADO

O aço pré-pintado oferece uma série de vantagens sobre o sistema convencional de pintura, entre elas resistência a corrosão, durabilidade, retenção de cor, versatilidade e um padrão de qualidade superior, sempre de acordo com a necessidade do cliente.

A Tekno atende ainda uma enorme demanda em diversos tipos de metais base, cores e dimensões.



Processos usuais de industrialização

- corte
- dobramento
- puncionamento
- perfilação
- estampagem
- solda a frio



Tel: (11) 6903-6000

kroma@tekno.com.br / www.tekno.com.br

um núcleo de resina polimérica viscoelástica entre elas. O uso dessas chapas reduz o nível de vibrações nas máquinas e o ruído liberado por elas, contribuindo para aumentar o conforto de seus operadores e usuários, bem como para aumentar sua vida útil em razão da redução das solicitações de fadiga⁽¹⁻⁴⁾.

A espessura das chapas metálicas pode variar entre 0,35 e 1,00 mm, enquanto o núcleo polimérico possui espessura tipicamente muito baixa, da ordem de 40 a 50 μm . O uso de espessuras de núcleo muito pequenas é possível porque essa chapa, ao se flexionar, gera tensões de cisalhamento no núcleo polimérico viscoelástico, que então absorve parte da energia mecânica na forma de calor. Essa configuração em sanduíche é extremamente eficaz nesse sentido. Caso a resina fosse usada na forma de um simples revestimento, este teria de ter espessura muito maior para que a chapa tivesse nível de amortecimento equivalente ao verificado nas do tipo sanduíche^(1, 2, 7).

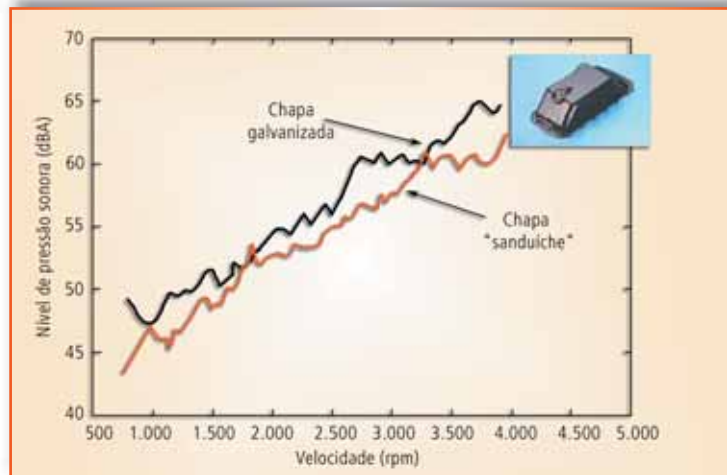


Fig. 3 – Comparação entre os níveis de pressão sonora no ouvido do motorista para um carro equipado com cárter feito com chapa de aço convencional ou absorvedora de vibrações (sanduíche)⁽²⁾

Essa nova abordagem para o amortecimento de ruídos e vibrações apresenta diversas vantagens em relação à tecnologia antiga, baseada na aplicação de revestimentos à base de betume, borracha, PVC, etc. Por exemplo: supressão das operações posteriores para aplicação desses revestimentos, redução do peso da peça, reciclagem mais fácil das chapas-sanduíche e menor interferência no projeto do componente⁽¹⁾.

As chapas absorvedoras de vibração geralmente são fabrica-

das em linhas contínuas por meio da colaminação das duas chapas metálicas externas e o núcleo polimérico. Caso sejam usadas resinas termofixas, há a necessidade de um tratamento térmico contínuo na tira-sanduíche de forma a curar adequadamente o polímero⁽¹⁾.

Os exemplos de aplicação das chapas absorvedoras de vibração são numerosos. Na área automotiva as aplicações já clássicas são alojamento do "estepe", cárter, carcaça da caixa de câmbio e tampa do comando de válvulas. Na



SÉRIE MASTER OXIPIRA

A mais alta performance em tecnologia plasma.

Envie seus desenhos e solicite amostras de corte.

CANAIS DE VENDAS: Tel.: (19) 3414.9981
vendascnc@oxipira.com.br



OXIPIRA

Materiais

área eletroeletrônica: gabinetes de aparelhos de ar condicionado, carcaças de alto-falantes, motores e transformadores, gabinetes de lavadoras de roupas, coifas para cozinha, carcaças de compressores para refrigeradores. Na construção civil: telhas, batentes, portas, escadas, etc.⁽¹⁾. A figura 2 (pág. 80) mostra algumas aplicações para chapas absorvedoras de vibração em uma carroceria automotiva, enquanto a figura 3 (pág. 81) mostra os níveis de pressão sonora no ouvido do motorista para carros equipados com cárteres feitos com chapas de aço convencional ou absorvedora de vibrações⁽²⁾.

Recentemente, a empresa alemã ThyssenKrupp Budd desenvolveu uma variante de chapa-sanduiche que, de acordo com a companhia,

possui menor custo de fabricação que as chapas absorvedoras de vibração convencionais. Neste caso, o núcleo polimérico está na forma de espuma,

possui espessura bem maior que a das chapas-sanduiche convencionais e é aplicado durante a conformação da peça final. O processo inicia-se

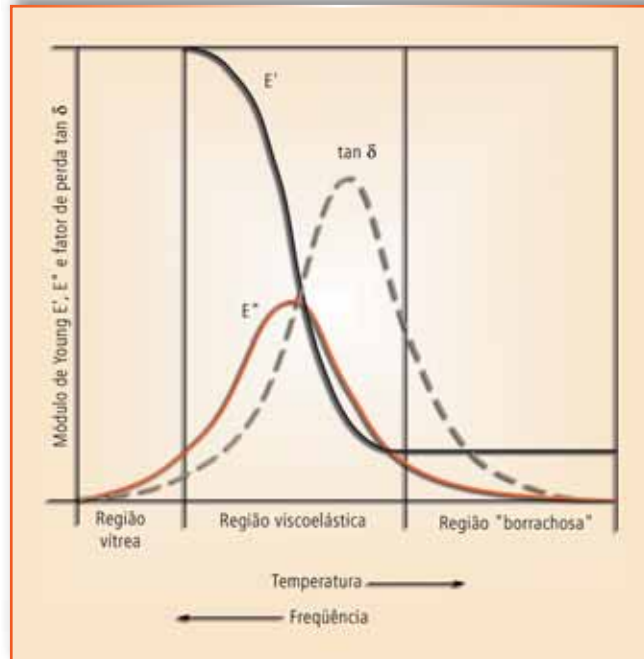


Fig. 4 - Diagrama esquemático mostrando o comportamento viscoelástico de uma resina em função da temperatura ou frequência⁽³⁾

O melhor investimento para sua empresa

ALIMENTADORES PARA PRENSAS

- DESBOBINADOR + ENDEIREITADOR COMPACTO
- DESBOBINADORES DUPLOS
- PAINEL MONITOR DE FERRAMENTAS
- ALIMENTADORES PNEUMÁTICOS
- ALIMENTADORES ELETRÔNICOS

O compromisso da TecnoPress é viabilizar soluções para o aumento na produção industrial através da automação nos processos de alimentação de prensas. Nossos esforços são direcionados para resultados práticos e lucrativos em sua linha de produção. Hoje, a TecnoPress é a mais moderna indústria de fabricação de equipamentos para automação de prensas do Brasil com serviços de implantação e assistência técnica especializada.

TecnoPress - Mais tecnologia para maior produtividade!

TecnoPress
Automação Industrial
ALIMENTADORES PARA PRENSAS

fone: 11 3834-0300
www.tecnopress.com.br

BUCHAS PARA ESTAMPAGEM DE PARAFUSOS, ROLAMENTOS, FIXADORES E OUTRAS UTILIZAÇÕES

METAL DURO FABRICADO NO BRASIL COM TECNOLOGIA ITALIANA

HARDY METALÚRGICA

BUCHAS NAS CLASSES: G30 - G40 - G50 - G60

Quinteiro

quinteiroesantos@quinteiroesantos.com.br - vendas@quinteiroesantos.com.br
PABX: 11 6446-3578 - www.quinteiroesantos.com.br

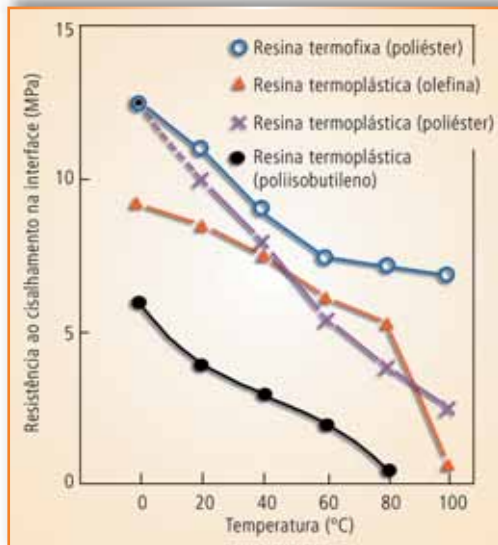


Fig. 5 – Evolução da resistência ao cisalhamento na interface para vários tipos de resina em função da temperatura⁽⁷⁾

com o posicionamento de dois blanques de aço com 0,3 mm de espessura na matriz de estampagem, seguindo-se sua pré-estampagem. A seguir é injetado o material que constituirá o núcleo da chapa-sanduiche – que, nessa etapa do processo, se encontra líquido – com o uso de uma injetora convencional. A pressão da resina líquida termina de conformar as chapas metálicas conforme o molde usado, de forma bastante similar ao processo de hidroconformação. Este é aquecido, o que possibilita a cura da resina que constitui o núcleo do componente polimérico, atribuindo-lhe as propriedades desejadas. Finalmente, a peça é removida e rebarbada. O núcleo da peça, com espessura de aproximadamente 2,4 mm, é formado por uma espuma sintética com densidade igual a 0,5 kg/m³. De acordo com a ThyssenKrupp Budd, chapas desse tipo, adequadamente dimensionadas, podem ser no mínimo tão leves quanto suas contrapartes feitas de alumínio. As aplicações potenciais para esse produto na área automotiva são: painéis frontais, do teto, das portas e da parte interna do capô; alojamento do “estepe”; porta-malas de veículos utilitários esportivos, etc.⁽⁸⁾.

Propriedades desejadas para as resinas usadas em chapas amortecedoras de vibração

Há uma ampla variedade de resinas que podem ser usadas como núcleo de chapas absorvedoras de vibração. Os detalhes de suas formulações ainda são tratados como segredo industrial e há poucas informações específicas sobre elas na literatura.

Por outro lado, é possível afirmar que as seguintes resinas já foram usadas em escala comercial nesse tipo de aplicação:

- **Nippon Steel** – termoplásticas: poliisobutileno, poliéster, poliacrilato. Termofixas: poliéster.
- **NKK** – termoplásticas: polietileno modificado, polipropileno modificado (para alta adesão e capacidade de amortecimento). Termofixas: resina acrílica termofixa modificada (idem)⁽⁹⁾;
- **Kawasaki Steel** – termofixas: poliéster endurecido com isocianato, peso molecular de 30.000 g⁽¹⁰⁾.

A capacidade de amortecimento das vibrações é a principal característica desejada nas resinas a serem usadas como núcleo para esse tipo de chapa. Conforme mostra a figura 4 (pág. 82), para um dado polímero, essa capacidade depende da temperatura em que ele se encontra, atingindo um valor máximo nas proximidades de sua temperatura de transição vítrea, quando ocorre rápida queda nos valores de E' à medida em que a temperatura é elevada⁽⁷⁾. Portanto, a temperatura de uso é um fator vi-

ERGON



**PRENSA TIPO “C”
DE ALTA PERFORMANCE
COM EMBREAGEM EM
BANHO DE ÓLEO**



**PRENSAS TIPO “C” RÁPIDAS
ATÉ 250 GPM**



**PRENSA TIPO “C”
COM DOIS PONTOS DE
ACIONAMENTO**



Materiais

tal na seleção do tipo ideal de polímero a ser usado como núcleo na chapa amortecedora de vibrações. As resinas termoplásticas tendem a apresentar melhores características de amortização de vibrações devido ao seu comportamento viscoelástico mais pronunciado em relação às termofixas⁽¹⁾.

A estampabilidade das chapas amortecedoras de vibração é função direta do grau de adesão entre o núcleo de resina e as duas camadas externas de metal sob condições de cisalhamento. Um eventual descolamento entre o núcleo polimérico e as chapas metálicas externas pode levar a uma diminuição da capacidade de amortecimento e da sua resistência à fadiga, já que as

solicitações mecânicas passarão a se concentrar em apenas uma das chapas externas⁽¹⁾.

Uma das primeiras resinas usadas nas chapas absorvedoras de vibrações foi o polímero termoplástico poliisobutileno. Contudo, os termo-

plásticos tendem a apresentar menor adesão interfacial com as chapas metálicas externas e menor resistência ao calor, problemas que comprometem o desempenho global desse tipo de produto. Já as resinas termofixas não apresentam este tipo de problema, conforme mostra a figura 5 (pág. 83). Por esse motivo, alguns fabricantes de chapas-sanduíche, como a Nippon Steel, preferiram passar a usar resinas termofixas como núcleo desse material, pois elas apresentam desempenho aceitável sob o ponto de vista da absorção de vibrações, desde que possuam fator de perda η igual ou superior a 0,1⁽⁷⁾.

Uma experiência efetuada para determinar os níveis mínimos de re-



Fig. 6 – Ensaios de conformabilidade selecionados para estudar os níveis mínimos de resistência na interface metal-polímero necessários.

Megaplasma Comercial Ltda.

Somos o primeiro fabricante de tochas e consumíveis para equipamentos de corte à plasma do Brasil

- Produção de peças com tecnologia de ponta e altíssima qualidade.
- Grande variedade de produtos.
- Desenvolvimento de novos modelos.

Fabricamos peças para as principais marcas de equipamentos comercializados no Brasil.

Fornecemos para todo o território nacional
e-mail: megaplasma@megaplasma.com.br

Rua Dom Joaquim de Melo, 274 - CEP 03122-050
Apto da Mooca - São Paulo - SP Site: www.megaplasma.com.br
Fone: (55xx11) 6601-5502 Fax: (55xx11) 6601-0512

Na Blank Inox tem aço inoxidável na medida certa.

Inclusive no custo

FORNECIMENTO DE CHAPAS E BARRAS EM TODAS AS MEDIDAS

Blank Inox
COMÉRCIO DE METAIS LTDA.

www.blankinox.com.br
acoinox@blankinox.com.br
TEL. (11) 3693-4488

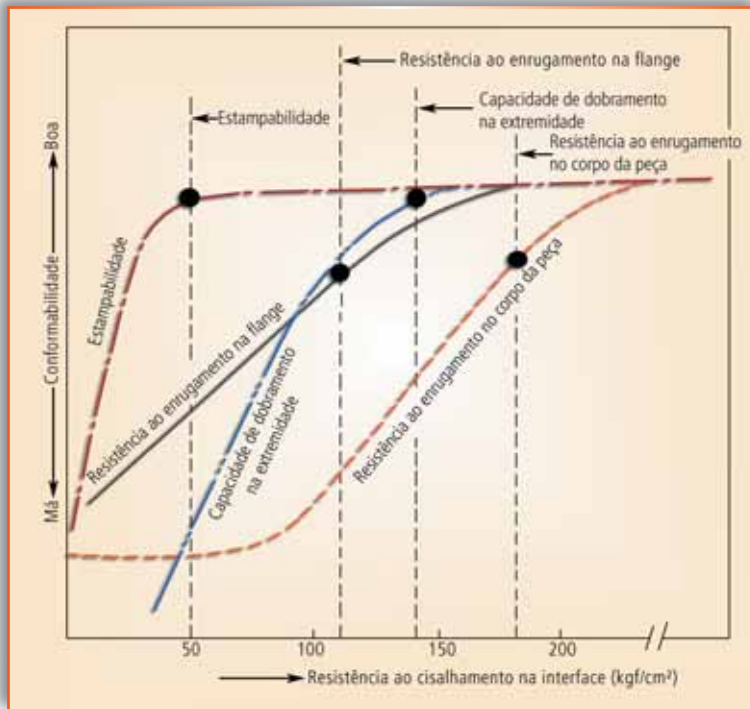


Fig. 7 – Relação entre conformabilidade das chapas absorvedoras de vibração e a resistência ao cisalhamento na interface metal-polímero⁽⁷⁾

sistência na interface metal-polímero necessários para chapas a serem submetidas a diversas operações de conformação foi feita assumindo-se quatro operações básicas, mostradas na figura 6 (pág. 84): embutimento profundo, resistência ao enrugamento do corpo, resistência ao enrugamento da flange e dobramento nas extremidades.

Os resultados obtidos em termos da conformabilidade da chapa absorvedora de vibrações *versus* a resistência na interface metal-polímero podem ser vistos na figura 7, a qual mostra que o nível mínimo dessa resistência depende do processo de conformação específico. No caso do embutimento profundo, a resistência na interface preci-

sa ser de, pelo menos, 50 kgf/cm², enquanto é necessário um mínimo de 150 kgf/cm² para obter resistência ao enrugamento em flanges e mais de 180 kgf/cm² para evitar enrugamento do corpo⁽⁷⁾.

Altos valores da espessura do núcleo polimérico também tendem a provocar enrugamento na estampagem de peças, o que revela problemas relacionados à energia de ligação na interface metal-polímero. A prática demonstrou que se consegue um nível adequado de amortização de vibrações e supressão desse problema quando a espessura do núcleo é limitada a 100 μ m (0,1 mm)⁽¹¹⁾.

O pré-tratamento das chapas externas ou o uso de filmes adesivos na interface entre elas e o núcleo de polímero também pode elevar a resistência ao cisalhamento dessa interface, concorrendo para aumentar a estampabilidade da chapa absorvedora de vibrações⁽⁸⁾.

A figura 8 (pág. 86) permite uma comparação direta entre as características de amortecimento



®

PRENSAS HIDRÁULICAS QUE SUPERAM AS EXPECTATIVAS

➤ TECNOLOGIA ➤ QUALIDADE ➤ PREÇO

Desde 1965

IDEAL NA SUBSTITUIÇÃO DE PRENSAS MECÂNICAS

- ❖ Rápidas • Robustas • Precisas.
- ❖ Projetadas para alta produção:
 - Estamparia • Corte e dobra • Montagem.
- ❖ Garantia de 03 anos.
- ❖ Assistência técnica permanente.
- ❖ Peças de reposição padronizadas.

www.prensasgd.com.br

PGD-C



PGD-4C



PGD-I



SISTEMA ANTIQUEDA DO MARTELO DENTRO DAS NORMAS DE SEGURANÇA.

Preensas próprias para corte fino com ferramentas progressivas.

GD Comércio e Manutenção de Prensas Hidráulicas Ltda
Av. Faustino Ramalho, 927 - Vila Galvão - CEP 07054-040 - Guarulhos-SP
TEL: 11 6452-4018 / 6452-4358 • FAX: 11 6452-8487

Materiais

de vibrações e a resistência à desagregação da chapa, ou seja, o nível de resistência na interface chapa-polímero. Como se pode observar, há uma clara tendência de incompatibilidade entre as duas propriedades. Contudo, de acordo com a Kawasaki Steel, seus desenvolvimentos na área de engenharia de polímeros lograram desenvolver uma resina de poliéster termofixo que conseguiu reverter essa tendência e apresentar simultaneamente altos níveis de amortecimento de vibrações e alta resistência à desagregação da chapa⁽¹⁰⁾.

Outra característica fundamental para o processamento adequado de chapas metálicas é sua soldabilidade.

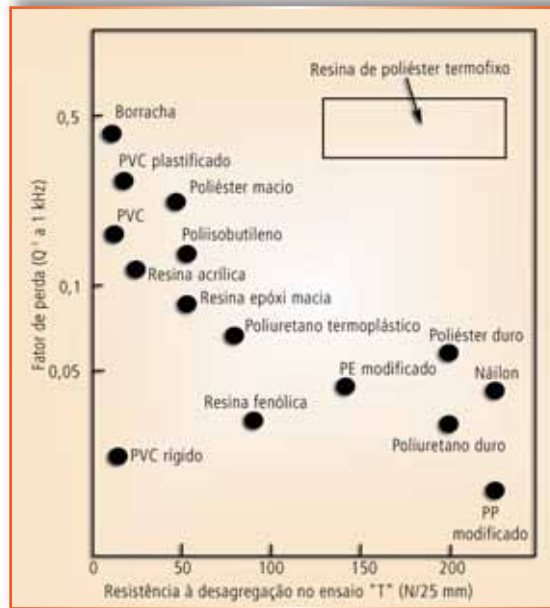


Fig. 8 – Relação entre a resistência à desagregação determinada pelo ensaio em "T" e capacidade de absorção de vibrações de chapas-sanduiche com diferentes polímeros usados em seu núcleo⁽¹⁰⁾

Os processos de soldagem requerem que o material a ser processado seja eletricamente condutor, condição

que, em princípio, não é atendida pela resina polimérica que constitui o núcleo da chapa absorvedora de vibrações. A primeira solução para esse problema foi o uso de circuitos que ligavam as duas chapas metálicas externas, mas esse recurso possui difícil aplicação prática nas linhas industriais. Outra possibilidade consiste em criar rebarbas nas superfícies internas das chapas metálicas externas que promovem contato elétrico entre elas, mas essa solução apresentou desempenho inconsistente. A abordagem mais promissora foi conferir condutividade elétrica ao núcleo com a incorporação de pó metálico à resina, mas esta abordagem tem de ser concebida

Buchas de metal duro

CERATIZIT
Líder mundial em buchas de metal duro para fabricação de parafusos

Garantida Ausência de porosidade

CERATIZIT AMÉRICA LATINA LTDA.
Alphaville - SP - Tel.: (011) 4191 4557 - Fax: (011) 4688 1360
ceratizitbr@ceratizit.com

Use produtos livres de Substâncias Nocivas

CS-W - Relé de Segurança com simultaneidade para controle bimanual, 90...240 Vac Diretiva RoHS livre de chumbo.	CS-D - Relé de Segurança com simultaneidade para controle bimanual, 24 Vdc, Diretiva RoHS livre de chumbo.	PSSR-W42 - Relé auxiliar de Segurança com conversor Ac/Dc interno de 90...240 Vac. Dedicado para aplicações em que seja necessário mais contatos de segurança do relé. Diretiva RoHS livre de chumbo.
CP-W - Relé de Segurança para controle de parada de emergência, 90...240 Vac. Possui conversor Ac/Dc interno. Diretiva RoHS livre de chumbo.	CP-W - Relé de Segurança para controle de parada de emergência, 24 Vdc. Diretiva RoHS livre de chumbo.	PS24-W - Conversor digital Ac/Dc. Diretiva RoHS livre de chumbo.

Instrutech
Sensores Eletrônicos
Rua Maratona, 61 - Vila Alexandria - CEP 04635-040
São Paulo - SP - PABX: (11) 5031-5188 - Fax: 5031-5532
www.instrutech.com.br - Campinas: (19) 3288-0079

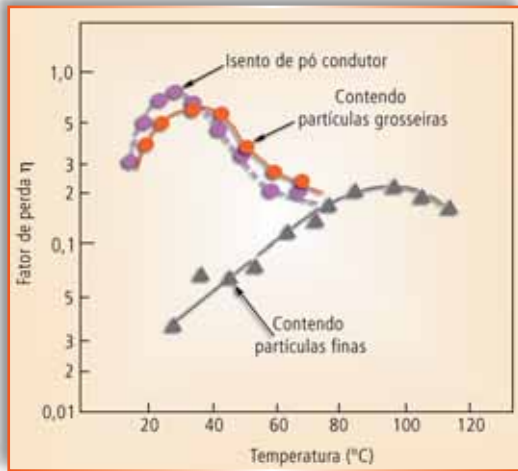


Fig. 9 – Alteração na capacidade de absorção de vibrações da resina em função da incorporação de partículas eletricamente condutoras⁽⁷⁾

de forma a não alterar as demais características do polímero^(1, 7).

Pode-se conseguir um aumento significativo da condutividade elétrica global da resina com a adição de, pelo menos, 10% em volume de partículas de negro de fumo com granulometria menor ou igual a 1 μm . Contudo, conforme mostra a figura 9, isso leva a uma grande perda de capacidade de amortecimento da chapa-sanduíche, o que indica que a presença dessas partículas afeta significativamente as características viscoelásticas da resina⁽⁷⁾.

Devido a esse resultado desfavorável, decidiu-se partir para outra abordagem, que consiste na incorporação ao polímero de partículas condutoras

com granulometria grossa, de tamanho entre 30 e 100 μm . A idéia, nesse caso, é aumentar a condutividade elétrica do polímero somente na direção da espessura do filme, por meio do contato direto entre uma partícula e outra. Isto permite diminuir a quantidade de partículas a ser incorporada à resina,

reduzindo as eventuais alterações que possam ocorrer em seu comportamento viscoelástico e, conseqüentemente, na sua capacidade de absorver vibrações mecânicas. Neste caso, a soldabilidade é grandemente influenciada pelo tipo e tamanho da partícula.

A tabela 1 mostra o efeito sobre a soldabilidade de uma chapa absorvedora de vibrações decorrente da adição de diversos tipos de cargas condutoras à resina de poliéster que foi usada como núcleo. Como se pode observar a partir desses dados, partículas de titânio, níquel, ferro, negro de fumo e aço inoxidável atomizado com água aumentaram a condutividade do polímero e garantiram a

Tab. 1 – Relação entre o tipo de carga em pó condutora incorporada à resina de poliéster com teor de 30% em peso e a soldabilidade, resistência na interface e capacidade de amortecimento das chapas-sanduíche⁽⁷⁾

Carga condutora	Resistência ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	Soldabilidade	Resistência na interface	Capacidade de amortecimento
Pó de Ti (32-54 μm)	54,0	OK	OK	OK
Pó de Ni (32-54 μm)	6,9	OK	OK	OK
Pó de Cu (32-54 μm)	1,69	X	OK	OK
Pó de Fe (32-54 μm)	10,1	OK	OK	OK
Óxido de Fe (<20 μm)	?	X	OK	OK
Negro de fumo (<1 μm)	1,2	OK	X	X
Pó de Al (32-54 μm)	2,67	X	OK	OK
Pó de aço inox (32-54 μm) ¹	57,0	O	OK	OK
Pó de Zn (32-54 μm)	6,0	X	OK	OK
Mica condutora	?	X	OK	OK
Pó de aço inox (32-54 μm) ²	57,0	X	OK	OK

Notas: 1 = Atomizado com água; 2 = Atomizado com gás; OK = no campo da soldagem, indica que a amostra foi adequadamente soldada sob força de eletrodo de 200 kgf, corrente de soldagem de 6 kA e 14 ciclos de tempo de soldagem; nos demais campos, indica que as alterações observadas nessas propriedades foram desprezíveis.

YÜV-CERT
CE
TUV

LÍDER MUNDIAL NA TECNOLOGIA DE CURVAR TUBOS

Curvadora de tubos CNC elétrica de 13 eixos

- Baseada em PC, com monitor LCD colorido e comandos "toque na tela"
- Cabeçote rotativo com capacidade para curvar e calandrar
- Ferramental de múltiplos estágios
- Para diâmetros de 15 a 75 mm

Curvadora de tubos CNC elétrica e hidráulica de 3 a 5 eixos

- Baseada em PC, com monitor LCD colorido e comandos "toque na tela"
- Capacidade para curvar e calandrar
- Ferramental de simples, duplo ou múltiplos estágios
- Para diâmetros de 18 a 150 mm

Curvadora de tubos NC hidráulica de 2 eixos

Baseada em CLP, com monitor LCD e comandos "toque na tela". Transportador.

- Giro do eixo B por servomotor CA
- Controle manual da distância entre curvas
- Fixação hidráulica rápida

Para diâmetros de 50 a 100 mm.

Curvadora de tubos NC hidráulica de um eixo

- Baseada em CLP, com monitor LCD e comandos "toque na tela"
- Para diâmetros de 38 a 200 mm

CHIAO SHENG MACHINERY CO., LTD.
 tubebend@ms24.hinet.net www.tubebender.com.tw
 No. 2, Sec. 2, Huandong Rd., Tainan Science Park
 Sirnshih Township, Tainan 74144, Taiwan
 Tel: +886-6-505-5800 Fax: +886-6-505-5785

Materiais

soldabilidade das chapas absorvedoras de vibração. A figura 9 mostra que a incorporação de partículas grosseiras não afeta a capacidade de amortecimento da resina. Experimentos complementares mostraram que, no caso das partículas de aço inoxidável com granulometria entre 32 e 54 μm , conseguiu-se boa soldabilidade com adições tão pequenas quanto 1% em peso; além disso, a capacidade de amortecimento do polímero só é afetada no caso de adições superiores a 40% em peso. Já a resistência na interface é mantida desde que a razão entre a espessura da camada de resina e o diâmetro da partícula condutora seja mantida dentro de uma faixa de valores entre 1,0 e 1,2⁽⁷⁾.

A figura 10 mostra os fenômenos que ocorrem durante a soldagem

em pontos de uma chapa absorvedora de vibrações com núcleo polimérico em que foram adicionadas partículas condutoras grosseiras. Inicialmente, fluem diminutas correntes elétricas através do pó condutor, sendo a resina amaciada pela reação exotérmica. A seguir ela flui, impelida pela força compressiva exercida pelos eletrodos, permitindo o contato direto entre as duas chapas metálicas externas. A partir daí, a corrente elétrica flui de forma similar ao que ocorre na soldagem de chapas convencionais, formando-se o ponto de solda. O fluxo inicial das correntes diminutas nos estágios iniciais da soldagem é o principal fator que define a soldabilidade da chapa absorvedora de vibrações. Ou-

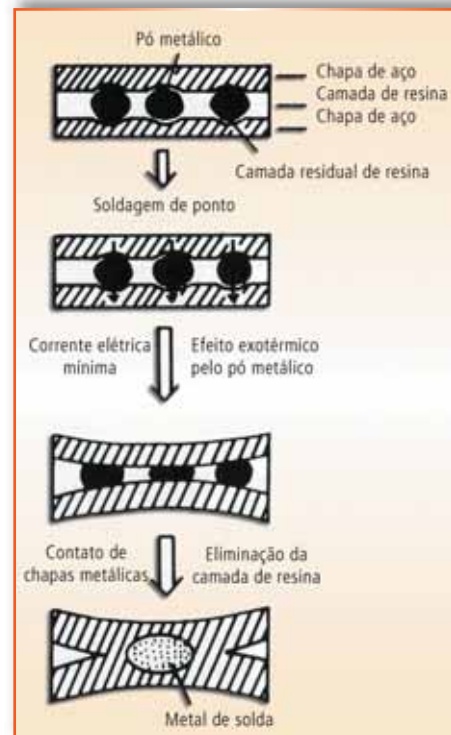


Fig. 10 – Evolução esquemática do processo de soldagem a ponto de uma chapa absorvedora de vibração⁽¹⁰⁾



Perfix - Perfuração e Fixação
25 Anos

SOLUÇÕES PARA ESTAMPAR

ISO 9001:2000
CERTIFICADA
DESDE 1999

• Porta Punções • Punções • Matrizes.
Molas • Cilindros de Nitrogênio • Flanges e Bases para Cilindros.
• Conjuntos Roto Lineares • Colares e Régua de Esferas.
• Placas, Prismas, Cunhas e Buchas Grafitadas.
• Porcas - Rebite para chapas e perfis.



www.perfix.com.br
vendas@perfix.com.br

Tel.: (11) 3797-0202
Fax (11) 5522-2522

Do Projeto a Montagem.



Criamos e Executamos



Cortamos e Dobramos



Soldamos



Fazemos o Acabamento



Montamos

Faça um orçamento sem compromisso e descubra o melhor custo/benefício em prestação de serviços.

BLANTECH

Blantech Indústria Comércio e Serviços Ltda.
Tel: (011) 5687.2669 - Fax: (011) 5687.0145
www.blantech.com.br - comercial@blantech.com.br



tros aspectos importantes são: a diminuição do volume – ou mesmo a supressão – de resina residual existente entre o pó metálico e as chapas metálicas externas, o aumento da área de contato entre as partículas de pó metálico e o controle da reação exotérmica dentro de um grau adequado⁽¹⁰⁾.

A resistência à degradação térmica da resina usada nas chapas amortecedoras de vibração é muito importante. Muitas vezes, os componentes feitos com essa chapa devem ser submetidos à pintura ou à união por colagem. Por esse motivo, seu núcleo polimérico deve ser capaz de suportar o calor da estufa usada para secar a tinta ou curar o adesivo sem sofrer uma degradação que venha a afetar suas propriedades. Geralmente, o processo de secagem da tinta requer aquecimento sob temperaturas entre 180 e 200°C durante 30 a 40 minutos, sendo feito após a estampagem da peça. Durante esse processo, a chapa amortecedora de vibrações não pode se desagregar, a

resina não pode fluir e as características de resistência na interface e a capacidade de amortecimento não podem sofrer degradação^(1, 7).

A figura 11 mostra os resultados de perda de resistência à desagregação de chapas absorvedoras de vibração que foram observados após exposição das mesmas a diversas temperaturas, durante um período de 30 minutos. Pode-se observar que a resina de poliéster termoplástico não suportou temperaturas acima de 200°C, enquanto a resina de poliéster termofixo somente apresentou perdas da ordem de 20% para temperaturas de 240°C⁽⁷⁾.

Esses resultados aparentemente indicam que mesmo resinas termo-

plásticas são capazes de suportar a temperatura máxima de 200°C usada nas estufas para secagem de pintura, o que está em desacordo com o observado na prática industrial. Contudo, experiências complementares, feitas com chapas absorvedoras de vibração previamente conformadas, mostraram que as versões com núcleo de resina termoplástica de poliéster desagregaram-se sob temperaturas da ordem de 160°C, enquanto a resina termofixa de poliéster resistiu sem desagregação a temperaturas de até 180°C. Isso mostrou que as tensões residuais decorrentes da conformação mecânica enfraqueceram a interface entre metal e polímero, levando à desagregação de chapas-sanduíche contendo núcleo de resina termoplástica durante sua exposição ao calor⁽⁷⁾.

A resina usada no núcleo da chapa-sanduíche deve possuir caráter hidrofóbico a fim de assegurar a resistência à corrosão do material, independentemente do fato de as

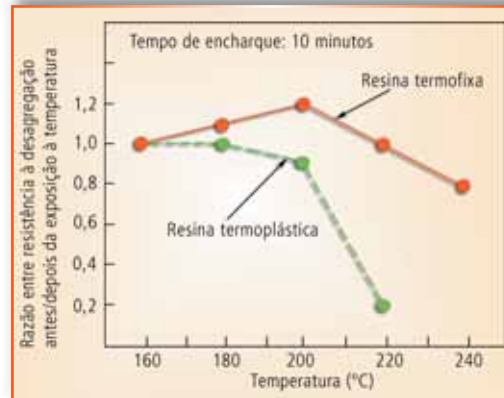


Fig. 11 - Perda de resistência à desagregação observada para chapas absorvedoras de vibração após exposição à temperatura por 30 minutos⁽⁷⁾

Tecnologia alemã

- Fontes de soldagem MIG/MAG
- MIG/MAG Pulsadas • TIG AC/DC
- Soldagem Plasma
- Solda Pino
- Robótica



Equipamentos com tecnologia alemã, importados ou fabricados no Brasil, caminhos de uma união perfeita. Como nossa soldagem.



MERKLE
do Brasil Ltda.

Av. Robert Kennedy, 2058
09860-122 São Bernardo do Campo - SP
Fone: (011) 4398-6440 Fax: (011) 4398-6441
Site: www.merkle.com.br

MERKLE
BALMER

Rua Herman Wassermann, 10
98700-000 Ijuí - RS
Fone/Fax: (055) 3332-9856
Site: www.merkle.com.br

Materiais

chapas metálicas externas possuem revestimento. Também sob este aspecto, a aderência entre o núcleo polimérico e as chapas metálicas é muito importante: quanto maior ela for, menor a propagação de corrosão⁽¹⁾.

Em alguns casos, poderá haver necessidade simultânea de resistência à corrosão e à degradação térmica, como, por exemplo, no uso da chapa absorvedora de vibrações para a fabricação de cárteres de óleo para automóveis. Como se sabe, esse componente opera sob temperaturas relativamente altas e sempre há risco de uma eventual penetração de óleo no interior da chapa-sanduíche. O ideal é que essas condições severas de operação não afetem as características da chapa-sanduíche, de modo que elas mantenham suas características

de absorção de vibração. Contudo, a associação de ataque químico sob alta temperatura pode, eventualmente, levar à degradação da resina usada no núcleo da chapa-sanduíche, a qual se inicia com seu inchamento. A reticulação das cadeias moleculares, típica dos polímeros termofixos, mostrou-se um recurso bastante eficiente no sentido de garantir a resistência da resina a esses tipos de agressão, conforme mostra a figura 12^(1, 9).

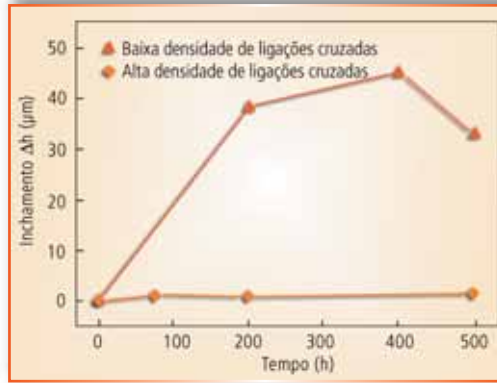


Fig. 12 – Efeito da densidade de ligações cruzadas sobre o inchamento do polímero usado como núcleo das chapas absorvedoras de vibração⁽⁹⁾

A rigidez mecânica do polímero usado é um critério importante para o dimensionamento das peças que forem feitas com a chapa absorvedora de vibrações. Os cálculos necessários devem levar em conta a viscoelasticidade do polímero e, portanto, a dependência de suas características em função do tempo e da temperatura. Por exemplo, uma chapa-sanduíche simétrica, com núcleo polimérico com espessura de 45 µm e chapas metálicas externas com espessura de 0,4 mm, apresenta rigidez da ordem de 60 a 70% do que se observa em uma chapa metálica maciça com 0,8 mm de espessura. Uma solução para aumentar o nível de rigidez da chapa-sanduíche consiste em reduzir o nível de solicitações em cisalhamento sobre o núcleo polimérico, evitando que a linha neutra da chapa

oximig®

TELEFONE PARA CONTATO: (11) 6100-4824

www.oximig.com.br
oximig@oximig.com.br
comercial@oximig.com.br

-Acessórios para o corte elétrico
-Desenvolvimento e produção de pistolas, tochas e acessórios para soldagem ao arco elétrico

REFERÊNCIA NACIONAL EM SEU SEGMENTO HÁ 25 ANOS

Para Dobrar, Cortar ou Usinar INPLAF é a solução!

Lâminas para Guillotinas

- facas com até 6000 mm de comprimento.

Ferramentas para Dobradeiras

- para prensas de até 8000 mm de comprimento.

Serviços

- Usinagem em plaina de mesa de até 8000 mm de comprimento.
- Afição de facas para guilhotinas até 6000 mm de comprimento.
- Reusinagem de ferramentas para dobradeiras.

Agilidade na entrega.

60 anos
no mercado

INPLAF

Tel: (11) 3311-0311
inplaf@inplaf.com.br - www.inplaf.com.br

incida sobre ele. Na prática, isso significa usar chapas-sanduiche assimétricas. Esse recurso, infelizmente, diminui a capacidade de amortecimento da chapa – que mantém-se, contudo, em níveis aceitáveis desde que se mantenha uma razão de diferença máxima entre as espessuras das chapas metálicas externas de 2:1^(1, 2).

Um requisito particularmente crítico para o núcleo polimérico de chapas absorvedoras de vibração usadas em autopeças é sua resistência à chama, o que também inclui aspectos ligados à geração de fumaça e sua toxicidade. Isso requer a avaliação das resinas usadas por meio de ensaios padronizados⁽⁸⁾.

Conclusões

As chapas absorvedoras de vibração, constituídas de duas chapas metálicas externas separadas por um núcleo de resina plástica, representam hoje um recurso bastante eficaz para reduzir o nível de vibrações e ruído nas mais variadas aplicações em que se usam chapas finas laminadas a frio.

A seleção da resina mais adequada para o núcleo em termos de desempenho e custo depende tanto das condições de fabricação e uso do componente como dos aspectos econômicos envolvidos. O desenvolvimento de sua formulação dependerá do atendimento aos requisitos do amortecimento de vibrações, estampabilidade, soldabilidade, resistência à degradação térmica, à corrosão e à chama.

Contudo, deve-se frisar que, apesar das enormes vantagens proporcionadas por esse material compósito, sua aplicação comercial ainda é muito tímida. Isso indica que ainda há muito trabalho a ser feito para produzir chapas absorvedoras de vibração com desempenho satisfatório e capazes de competir economicamente com outras soluções aplicadas para a redução de ruídos.

Referências

- MATHIEU, S. Le Monde du Silence: Solconfort, Une Tôle Sandwich Antivibratoire. *La Revue de Metallurgie-CIT*, out. 1994, p. 1.481-1.493.
- RAO, M. D. Recent Applications of Viscoelastic Damping for Noise Control in Automobiles and Commercial Airplanes. *Journal of Sound and Vibration*, 262:3, 2003, p. 457-474.
- JEANNEAU, M.; PINCHANT, P. The Trends of Steel Products in the European Automotive Industry. *La Revue de Metallurgie-CIT*, nov. 2000, p. 1.399-1.408.
- WANG, Y. C. *et al.* Deformation of Extreme Viscoelastic Metals and Composites. *Materials Science and Engineering A*, 370, 2004, p. 41-49.
- FERRANTE, M. *Seleção de Materiais*. São Carlos: Editora da Universidade Federal de São Carlos, 1996.
- CANEVAROLO, S. V. Análise Térmica Dinâmica-Mecânica. In: *Técnica de Caracterização de Polímeros*. São Paulo: Artliber Editora/Associação Brasileira de Polímeros, 2004, p. 263-284.
- ENDOH, H. *et al.* Development of Vibration Damping Steel Sheet with Superior Service Performance. *Nippon Steel Technical Report*, 44, jan. 1990, p. 29-36.
- GREVE, B. N. Sandwich Panel Construction for Lightweight Vehicle Designs. *ThyssenKrupp TechForum*, dez. 2004, p. 44-49.
- MUROGA, O. *et al.* Properties of Vibration Damping Steel Sheet and its Application. *NKK Technical Review*, 57, 1989, p. 1-8.
- MUKAIHARA, F. *et al.* Development of Spot Weldable Vibration Damping Steel Sheets for Room Temperature Use. *Kawasaki Steel Technical Report*, 26, jun. 1992, p. 100-107.
- BARZOUKAS, H.; JOUET, A. Les Tôles Sandwich: Procédés de Fabrication et Propriétés d'Emploi. *La Revue de Metallurgie-CIT*, mar. 1989, p. 253-259.



Atuando nos mais variados segmentos de mercado tais como automotivo, forjaria, agrícola e de geração de energia, a JSO vem desde o ano de 2000, se consolidando com muito sucesso na prestação de serviços em curvamento, solda e solda de conjuntos que envolvam tubos em geral.

Certificada pela ISO 9001:2000 e a caminho da certificação ISO TS 16949: 2002 (Setembro de 2007) estamos preparados para atender aos mais exigentes requisitos de qualidade de sua empresa.

JSO certeza de uma parceria duradoura.

19 3444-3066 | www.jsocom.br

