

P R E S S U N I Ã O

UM MÉTODO INOVADOR PARA A UNIÃO A FRIO DE CHAPAS E PERFIS

ECKOLD KARMANN-GHIA COMERCIAL LTDA.

WILHELM WERNER MERTENS

## P R E S S U N I Ã O

### Um método inovador para a União a Frio de Chapas e Perfis

---

#### Introdução

---

Ultimamente tem sido desenvolvida com grande afinco, na Alemanha, uma técnica de produção que possibilita unir chapas e perfis sem aplicação de calor e dispensando o emprego de elementos auxiliares de união, como por exemplo, rebites e parafusos.

Este novo método, denominado PRESSUNIÃO propicia a formação de elementos de união a partir do próprio material a ser unido.

A PRESSUNIÃO é o resultado de pesquisas conjuntas da empresa alemã WALTER ECKOLD GmbH & Co. KG. e do Instituto de Técnicas de Produção da Universidade Técnica de Hamburgo, tendo sido os conhecimentos ameadados divulgados em congressos e siminários especializados, através de Revistas Técnicas e nas principais Feiras Industriais européias.

No Brasil a PRESSUNIÃO está sendo introduzida pela firma ECKOLD KARMANN-GHIA COMERCIAL LTDA., que já iniciou a produção nacional de equipamentos para esta finalidade, em suas instalações localizadas em São Bernardo do Campo, SP.

Neste artigo pretende-se transmitir ao leitor uma noção mais precisa do que é a PRESSUNIÃO, e de seu estágio atual de desenvolvimento e das possibilidades de inovação e racionalização que ela apresenta para a indústria metalúrgica.

Os trabalhos de pesquisa e de desenvolvimento continuam em andamento e estão sendo apoiados pelo Governo da Alemanha.

O grande interesse demonstrado pelos usuários da técnica de

PRESSUNIÃO, revela constantemente novos campos de aplicação e conduz a novas soluções. Considerando especialmente, o aspecto da proteção à corrosão, constatamos que é justamente a técnica de PRESSUNIÃO que possibilita unir sem prejuízo do acabamento as chapas revestidas de metal, verniz ou esmalte.

Os direitos de patente para o processo de PRESSUNIÃO nos países europeus e ultramarinos foram concedidos à ECKOLD GmbH & Co. KG. da Alemanha.

#### Princípio de funcionamento

-----

A PRESSUNIÃO representa um processo de entrosamento que já foi incluído nas normas industriais alemãs sob a sigla DIN 8593 (parte 5). Portanto, o entrosamento é o termo genérico para o processo de PRESSUNIÃO e compreende as possibilidades de unir peças metálicas por meio da técnica de conformação mecânica. Visando a familiarização com este tipo de técnica, seguem explicações das características da técnica de PRESSUNIÃO, partindo do princípio desse processo.

Observando com maior atenção o processo de PRESSUNIÃO, verificamos que o resultado do trabalho, do ponto de vista construtivo, representa um elemento definitivamente encaixado.

(figura 1)

Este é formado pelo próprio material das peças unidas, sob o efeito local de duas fases de produção agregadas, a saber : O processo combinado de corte e entrosamento e o da conformação a frio sob pressão. Corte e encaixe limitam-se ao campo de entrosamento, no qual o material da chapa, mantendo a conexão com a peça original, vem sendo deslocado da superfície e comprimido, resultando o encaixe pela distensão lateral.

Os processos de entrosamento por pressão existentes no mercado sob as denominações dadas pelos seus produtores, podem ser caracterizados pela sua cinemática. De acordo com o sistema de corte e conformação mecânica distinguem-se processos de entrosamento por pressão de uma só etapa e de duas.

No processo de entrosamento em duas etapas, as peças são unidas em duas fases distintas, sendo a primeira a de corte das chapas e a segunda a de distensão lateral da secção cortada na primeira fase. Neste processo as duas fases cronologicamente separadas requerem a utilização de dispositivos mecânicos distintos ou de uma prensa de entrosamento de duplo efeito.

A PRESSUNIÃO, que é um processo de entrosamento em uma única etapa, entretanto, requer uma matriz e um punção de dimensões diminutas. A matriz é uma bigorna fixa com duas lamelas laterais de corte. Durante o processo de corte, a protuberância formada ao lado da matriz encosta na bigorna. Ao continuar o movimento do punção, observa-se o processo de distensão a frio, afastando-se as lâminas de corte lateralmente, gerando desta forma o alargamento e o consequente encaixe definitivo do material.

#### A PRESSUNIÃO como parte de processo de entrosamento

---

Sob a denominação "PRESSUNIÃO" tornou-se conhecido um processo de entrosamento por pressão, caracterizado pelo fato de o corte, o encaixe e o processo de conformação a frio sob pressão serem feitos em uma só etapa e em um procedimento de entrosamento ininterrupto. Característica da PRESSUNIÃO é a utilização do jogo de matriz e punção, identificável pelas suas medidas pequenas e sua construção especial. A forma de construção desses jogos de matriz e punção

permite distâncias pequenas entre os bordos, bem como a utilização em locais de difícil acesso. Sendo otimizada a relação preço-qualidade, os jogos de ferramentas para união por pressão são trocados, uma vez alcançada sua capacidade máxima de produção. Portanto, não está previsto o seu reaproveitamento.

#### Descrição da Matriz e do Punção utilizados na PRESSUNIÃO

Conforme anteriormente citado, são utilizados uma matriz e um punção para a execução dos pontos de PRESSUNIÃO. A matriz se compõe de uma bigorna central e de duas lamelas elásticas laterais.

(figura 2)

A área de apoio do punção prismático deixa na chapas a serem unidas uma concavidade trapezoidal com área inferior de 4 x 4 mm.

(figura 3)

A figura acima mostra o resultado da união de duas chapas por meio de dois pontos de PRESSUNIÃO posicionados inversamente, demonstrando a protuberância formada no lado da matriz e a concavidade deixada no lado do punção.

O processo de PRESSUNIÃO pode ser considerado como uma fase de corte imediatamente seguida de uma fase de conformação a frio com corte. Ao movimentar-se em direção à matriz, o punção fixa as peças a serem unidas que descansam sobre as lamelas elásticas e fará os dois entalhes previstos para a primeira fase. Simultaneamente, o material situado entre os entalhes, que continua unido às peças originais, é empurrado em direção à matriz, formando a protuberância. Na segunda fase do encaixe, ou seja, ao continuar o movimento do punção, esta

protuberância enconsta na bigorna, sendo pressionada e, portanto, sofrendo um distensão lateral a frio. Ao mesmo tempo, as chapas continuam a ser entalhadas pelas bordas de corte enviesadas do punção. A distensão lateral da protuberância é possibilitada pela elasticidade das lamelas laterais, gerando assim um encaixe perfeito como resultante das operações de corte e conformação. Assim unem-se as chapas.

Na figura 2 é ilustrada a PRESSUNIÃO com duas dimensões características, ou seja, a profundidade de penetração e a profundidade de entrosamento. Enquanto a profundidade de penetração descreve o curso regulável do punção, a profundidade de entrosamento é determinada pelo fabricante da matriz, como sendo a distância entre a superfície da bigorna e as bordas de corte das lamelas laterais. Desta forma, a profundidade de penetração é função das características das peças a serem unidas, sendo a profundidade de entrosamento um medida da ferramenta, cabendo ressaltar que ambas profundidades devem ser selecionáveis e variáveis, visando uma perfeita adaptação aos objetivos de trabalho almejados.

#### Máquinas-ferramenta para a PRESSUNIÃO

---

Os jogos de matriz e punção utilizados para a PRESSUNIÃO podem ser montados em equipamentos que variam desde pequenos alicates hidráulicos portáteis, passando por máquinas estacionárias, até instalações automatizadas, que devem então fornecer as forças necessárias para corte e pressão. As espessuras das chapas a serem unidas, determinam o curso de trabalho do respectivo punção. O curso em vazio adicional é utilizado em função da geometria e da maneabilidade das peças a serem unidas.

Os equipamentos de PRESSUNIÃO produzidos em série pela ECKOLD KARMANN-GHIA, estão preparados para serviço estacionário ou para serviço móvel no local da montagem, em caso de peças de difícil manejo. O acionamento invariavelmente provém de uma unidade hidráulica móvel acoplada, que permite uma regulação precisa e contínua dos níveis de pressão de trabalho em função das características dos materiais a serem unidos.

As figuras 4 e 5, abaixo, ilustram respectivamente um alicate hidráulico portátil e uma máquina estacionária, demonstrando a amplitude de recursos que pode ser oferecida a que pretende unir chapas metálicas em pequenas séries. Para a montagem de conjuntos de peças em larga escala são utilizadas instalações completas, desenvolvidas individualmente para cada aplicação.

(figura 4)

(figura 5)

#### PRESSUNIÃO, simples ou múltipla

---

Fala-se de PRESSUNIÃO simples quando em cada curso da máquina é produzido apenas um elemento de entrosamento. A operação requer menos de um segundo, conforme a máquina-ferramenta usada.

A técnica de PRESSUNIÃO se investe de especial importância quando se visa a produção seriada em larga escala. Neste caso, diversos jogos de matriz e punção para PRESSUNIÃO são montados numa só ferramenta, de tal forma que, com um único curso se realiza o número correspondente de pontos de PRESSUNIÃO.

O processo de PRESSUNIÃO múltipla reduz claramente o tempo ocioso e leva a considerável aumento de produtividade. O uso de ferramentas

completas no processo de PRESSUNIÃO múltipla, além de oferecer novas soluções para os problemas de montagem, causa melhoramentos na técnica de produção com surpreendentes vantagens econômicas.

Atualmente tais ferramentas completas são providas de até 50 jogos de matriz e punção. As possibilidades de aplicação abrangem praticamente todo o universo dos setores de produção onde ocorrem processos de união como supra descrito. Utiliza-se as ferramentas completas na produção de veículos, eletrodomésticos, armários e gabinetes para painéis elétricos e eletrônicos, móveis metálicos, equipamentos de ar-condicionado, construções metálicas, recipientes, guarnições e acessórios de toda espécie.

#### Avaliação da capacidade de resistência de pontos de PRESSUNIÃO

---

Para avaliação da resistência do ponto de PRESSUNIÃO em relação a sua aplicação, torna-se necessária uma noção da característica da união e sobre a capacidade de resistência da união sob carga estática, dinâmica e térmica.

#### Corpos de prova

---

As chapas usadas para teste tinham uma espessura de 0,5 a 2,0 mm, abrangendo uma gama de material incluindo ligas de alumínio, aços ferríticos-perlíticos, ferríticos e austeníticos, além de chapas finas laminadas a frio de maior resistência de aços, de fósforo e micro ligados. Muitas vezes aplica-se chapas revestidas.

No conjunto deve ser considerado que os resultados de medição obtidos singularmente sempre correspondem ao estado das chapas por ocasião de sua entrega e de sua utilização. Por isso, todas as



chapas foram testadas com relação a fatores de dureza, alongamento de ruptura e valor  $n$  (expoente de encruamento).

#### Verificação da resistência de pontos de PRESSUNIÃO

Por motivos de reproduzibilidade procurou-se averiguar a resistência sob condições quase estáticas em ensaios de tração. Para tanto utiliza-se como norma o fator  $F_m$  (força máxima), reproduzindo no diagrama força de tração-direção de arranque, denominados, a seguir, como força de retenção.

#### Ensaio de cisalhamento por tração

Durante este ensaio, provas de duas chapas já unidas são testadas numa máquina de controle de capacidade de tração, do que resulta um esforço de cisalhamento do ponto de PRESSUNIÃO. Durante o esforço de cisalhamento, as forças de tração agem em paralelo à superfície da chapa longitudinalmente em direção ao eixo geométrico principal. Estes ensaios foram realizados dentro das normas DIN 50124.

(figura 6)

A Figura 6 acima, apresenta a geometria prevista do material de ensaio. Segundo esta, independentemente da espessura da chapa, a largura dos corpos de prova é de 50 mm e o comprimento da sobreposição de 25 mm.

Em ensaios preliminares, essas medidas foram selecionadas de modo a evitar a influência das dimensões dos corpos de prova sobre o resultado do teste.

Nos ensaios da tração, varia-se a posição dos pontos de PRESSUNIÃO em relação à direção de esforço. No caso da tração transversal, as

peças de chapa são unidas por um ponto de pressunião, cujas bordas de corte encontram-se em sentido transversal. No caso da tração longitudinal, as bordas de corte do elemento de união encontram-se paralelas à carga. Os ensaios foram feitos com uma velocidade de arranque a partir de 10 mm/min até a ruptura. A capacidade máxima foi classificada como força de resistência  $F_m$ . A dilatação do material de ensaio foi medida diretamente no material com  $L_0 = 40$  mm. Uma vez que as tiras de chapa ao redor dos elementos de união quase não sofrem conformação, a dilatação medida pode ser considerada como tendo ocorrido dentro do ponto de PRESSUNIÃO.

#### Ensaio de tração vertical sobre as chapas

Este ensaio tem a finalidade de nos dar conhecimento sobre a resistência do ponto de PRESSUNIÃO, aplicando carga em sentido vertical à chapa. O ensaio é feito com um dispositivo, de acordo com a norma DIN 50164, conforme ilustrado na figura 6. Primeiro recortamos duas peças de chapa no sentido da laminação, com 50 x 150 mm cada. Estas peças serão furadas e, em forma de cruz, unidas no centro por um ponto de PRESSUNIÃO. Assim preparada, a peça é colocada no dispositivo de teste de tal forma, que a carga de tração somente é exercida sobre uma área quadrada de 50 x 50 mm no centro da peça. Portanto, o ponto de centralização da força sempre se encontra a uma distância de 25 mm do centro do ponto de PRESSUNIÃO. O dispositivo de tração é colocado junto com a peça de ensaio no cabeçote de fixação da máquina de testes. Agora aplica-se a carga com uma velocidade contínua de arranque de 10 mm/min até a ruptura do ponto de PRESSUNIÃO. A força máxima de rompimento alcançada é a força de resistência  $F_m$  no ensaio de tração vertical sobre as chapas. A deformação do próprio ponto de PRESSUNIÃO pode ser determinada indiretamente pela direção

de arranque dos cabecotes de fixação.

A deformação dos pontos de PRESSUNIÃO durante o ensaio de tração

---

(figura 7)

As deformações são demonstradas na figura 7 utilizando corpos de prova feitos de aço P 275, com espessura das chapas de 1,95 mm e 0,7 mm para três diferentes cargas. Podemos verificar claramente que a capacidade de resistência depende da espessura do material de ensaio. É característico que os percursos de força e de arranque, em relação à direção de arranque, são independentes da espessura em cada aplicação de carga.

O ponto de PRESSUNIÃO no sentido transversal à direção da carga, sempre induz a maior capacidade de resistência, a partir de pequenas deformações, até a uma dilatação máxima de aprox. 0,4 a 0,5 mm. O rompimento geralmente sucede pelo cisalhamento da área das garras.

Os pontos de PRESSUNIÃO, posicionados em paralelo à carga, resistem a forças menores, entretanto, com deformações bem maiores de aprox. 1,0 a 1,5 mm. Ultrapassada a força máxima  $F_m$ , os elementos rompem-se no local das garras, causando um alongamento, seguido pela ruptura, no lado da tração e também uma deformação, seguida pela quebra, no lado da pressão. O alongamento total, até o rompimento final, é de aprox. 3 mm.

Os corpos de prova submetidos ao ensaio de tração vertical, apresentam as menores capacidades de resistência, mas com o maior alongamento. Neste contexto lembramos que o alongamento só pode ser medido indiretamente, ou seja, como função da direção de arranque dos cabecotes de fixação. Este alongamento de aprox. 4 mm, até que seja al-

cançada a forma máxima  $F_m$ , abrange não somente a deformação dos pontos de PRESSUNIÃO, devido a distância de aprox. 25 mm entre o ponto de centralização da força e o centro do elemento de PRESSUNIÃO, como também a deformação da área das chapas ao redor do ponto de PRESSUNIÃO. A causa para o separação dos elementos é o rompimento, muitas vezes acompanhado por uma deformação da chapa no lado da matriz.

#### Resistência de pontos de PRESSUNIÃO com chapas de espessuras iguais

---

Para o ensaio de tração foram preparadas peças pressunidas de chapas idênticas, recortadas, de aço St 1203, X8 Cr 17, X5 CrNi 18,9 e de alumínio Al Mg3 hh e Al 99,5 w, de espessura nominal de 1,0 e 1,5 mm. A fim de evitar a influência do posicionamento mútuo dos elementos de união, as tiras de chapa foram unidas em apenas um ponto.

A PRESSUNIÃO, como todo processo industrial, é otimizável para cada campo de aplicação. Profundidade de entrosamento e de penetração são escolhidos em função tanto da posição como da deformação da chapa interna da união. Desta forma, esta otimização se refere a ambas as medidas características. Uma vez que a matriz, e com isto a profundidade de entrosamento, já vem dimensionada corretamente para o campo de aplicação solicitado, o usuário só precisa regular e controlar a profundidade de penetração. Se a profundidade de penetração for pequena demais, prejudica-se a capacidade de resistência devido à insuficiência do processo de deformação a frio por pressão. Por outro lado, com uma profundidade de penetração excessiva a própria PRESSUNIÃO ultrapassa demasiadamente a superfície da chapa. Com isso, a maior deformação a frio torna-se também prejudicial, devido à redução da secção transversal.

(figura 8)

A figura 8 apresenta um resumo dos resultados dos testes. Ali constam as capacidades de resistência (força máxima do cisalhamento por tração) em função do material, espessura da chapa e profundidade de penetração. Segundo isto, a profundidade de penetração a ser controlada pelo usuário pode variar, no começo, dentro de uma faixa ainda a ser determinada com precisão para cada campo de aplicação, sem que isto acarrete um prejuízo significativo à resistência do ponto de PRESSUNIÃO.

Dos dados constantes da figura 8, deduz-se claramente que a capacidade de resistência dos pontos de PRESSUNIÃO depende tanto de resistência do material quanto da espessura da chapa. O aumento da capacidade de resistência na dependência da espessura é tanto mais evidente quanto maior a dureza do material. É claro que essas verificações valem igualmente para materiais revestidos. Essencial é sempre o material básico.

#### Influências do material, natureza da carga e espessura da chapa

##### - Definição da Anisotropia

Como se espera, as maiores capacidades de resistência apresentam-se nos pontos de PRESSUNIÃO transversais, uma vez que a área do material a ser cisalhado é maior. Os pontos de PRESSUNIÃO longitudinais apresentam capacidades de resistência menores, uma vez que, no caso, é mais relevante o formato da protuberância formada pelo ponto de PRESSUNIÃO.

Essa anisotropia do ponto de PRESSUNIÃO não compreende porém a relação numérica constante entre forças de retenção transversal e longitudinal, que é mais determinada pelo caso singular, notadamente o tipo de PRESSUNIÃO, o material e a espessura da chapa. Sob as con-

dições do ensaio de cisalhamento, ao unir chapas de pouca espessura (p.ex.:  $s = 0,5$  mm), observou-se até isotropia. A figura 9, mostra esse fato a exemplo da PRESSUNIÃO de chapas de aço galvanizado StE 320 3Z 275.

Na figura 9, as forças de retenção não aumentam de forma linear e sim mais que proporcionalmente com o aumento da espessura do material. Isso se explica pelo fato de as condições de entrega e/ou utilização não terem sido idênticas para todas as espessuras de chapa.

Diante dessas verificações, para voltar à definição da anisotropia da PRESSUNIÃO, observa-se claramente, que anisotropia do cisalhamento por tração diminui conforme a redução das espessuras das chapas a serem unidas. Os valores das forças de retenção na tração vertical sobre as chapas, correspondem, entretanto, aos resultados obtidos com o cisalhamento por tração longitudinal.

#### Capacidade de resistência de pontos de PRESSUNIÃO na junção de chapas de espessuras diversas

---

Os resultados até agora apresentados resultam de testes com chapas de material e espessura igual. Certamente é de interesse medir a capacidade de resistência de pontos de PRESSUNIÃO em chapas de espessuras diferentes. Para tanto é necessário maior esclarecimento sobre o conceito da combinação de espessuras. Ele abrange tanto as espessuras individuais das chapas usadas para a PRESSUNIÃO como também a posição das peças em relação ao conjunto de matriz e punção, de forma que é preciso diferenciar entre a chapa voltada para o punção e a outra, virada para a matriz.

Para a série de ensaios foram pressunidas chapas de aço galvanizado

StE 320 3Z, com espessuras de 0,5- 0,75- 1,0 e 1,5 mm, cobrindo todas as combinações de espessuras, sendo então os corpos de prova submetidos ao ensaio de tração.

(figura 10)

Na figura 10 consta um resumo dos resultados referentes ao cisalhamento por tração transversal.

O gráfico apresentado permite verificar, primeiro, que os posicionamentos das chapas em função de sua espessura com relação ao conjunto matriz e punção, altera a capacidade de resistência do ponto de PRESSUNIÃO e, segundo, que a força de retenção varia de forma praticamente proporcional ao aumento ou à diminuição da chapa voltada para a matriz.

Transferindo este conceito à engenharia de aplicação, onde, salvo raras exceções, almeja-se sempre a máxima resistência do ponto de pressunião, conclui-se que, na união de chapas de espessuras diversas a regra básica para posicionar a chapa mais espessa voltada para o punção. A condição básica para a aplicação desta regra é que ambas as chapas sejam feitas do mesmo material ou de materiais equivalentes.

#### Capacidade de resistência de pontos de PRESSUNIÃO sob carga oscilante

Em muitos casos, interessa o comportamento da união sob carga oscilante. Tomando como exemplo a chapa do tipo St 1203, a figura 11 mostra os resultados de ensaios de oscilação contínua com corpos de prova idênticos de espessura 1,0 e 1,5 mm.

(figura 11)

Os corpos de prova pressunidos por pontos úndidos, solicitados de forma transversal e longitudinal, foram expostos a carga crescente, partindo de 0. Cada ensaio foi interrompido ao se verificarem as primeiras rupturas. Os resultados são típicos para os diagramas de Wöhler. Mais uma vez fica patente a maior resistência dos pontos de PRESSUNIÃO transversais. Nos ensaios de oscilação contínua porém, os pontos de PRESSUNIÃO transversais e longitudinais mostram comportamento semelhante.

No caso da variação da carga na gama de  $10^6$  até  $10^7$ , a carga admissível corresponde a mais ou menos 30 % da força máxima do cisalhamento por tração correspondente.

#### Comportamento da capacidade de resistência com relação a variações de temperatura

---

As variações técnicas decorrentes da oscilação da temperatura ambiente pouco influem na capacidade de resistência do ponto de PRESSUNIÃO. Para comprovar esta afirmação submeteu-se um corpo de prova a um ensaio no qual foi repetido por 3600 vezes, que correspondem a mais de 10 anos de utilização de uma peça qualquer, um ciclo de temperatura com amplitude de 50 k (graus Kelvin) e conclui-se que a resistência do ponto de PRESSUNIÃO foi minorada em somente 7%.

Para analisar a influência de oscilações de temperatura mais amplas nos pontos de PRESSUNIÃO, esse processo de junção foi aplicado em chapas de aço ferrítico do tipo X5 CrTi 12, com uma espessura de 1,0 mm. Segundo informações do fabricante, este material, além de ser suficientemente anti-corrosivo, resiste à formação de crostas de óxido de ferro até 800 C. Esse material, portanto, predestina-se à produção de peças para silenciadores de escape em veículos e equi-



pamentos de depuração do gás de escape.

Corpos de prova para ensaios de cisalhamento e tração vertical foram colocados em um forno a 750, 825 e 900 °C, sem adição de gás inerte e posteriormente resfriados ao ar livre. O tempo de aquecimento ou foi de 24 horas (sujeição à análise térmica permanente), ou de 25 minutos, com aquecimento simples, sendo o processo repedido de 10 a 50 vezes (sujeição à análise térmica alternada). Em seguida foram verificadas as forças de retenção dos pontos de PRESSUNIÃO e, com base nestes valores, repetidos os teste com corpos de prova não sujeitos ao teste térmico.

(figura 12)

(figura 13)

(figura 14)

Para obter uma escala relativa ao comportamento da resistência após o teste térmico, recomenda-se observar o comportamento do próprio material depois de ter passado os diferentes ciclos de aquecimento. Para tanto, colocou-se também no forno corpos de prova de 250 x 20 mm (DIN 50114), os quais posteriormente foram analisados com relação à resistência à tração, aos limites de alongamento e/ou de escoamento, bem como ao coeficiente de encruamento n.

Na avaliação dos resultados dos testes deve-se observar porém, que a comparação direta do comportamento do material com a modificação da capacidade de resistência pode induzir a erros, porque a PRESSUNIÃO compreende um processo de deformação à frio. Nesse caso, a chapa é compactada à frio, especialmente entre punção e bigorna, mas também no volume da garra entrosada e na borda de corte. As características do material são alteradas durante a PRESSUNIÃO na área deformada à

frio e são novamente modificadas após o aquecimento devido à recristalização. A influência da recristalização sobre as características do material por ocasião da entrega, pode ser reconhecida pelo aumento do valor  $n$  junto com a queda do limite de alongamento. Os limites de escoamento caracterizam a qualidade do material por ocasião da entrega. Da recristalização resulta, que o tipo de alteração da PRESSUNIÃO se modifica. Sob esse aspecto deve ser entendida a alteração do comportamento da resistência das uniões.

Por conseguinte, e de acordo com as figuras 12, 13 e 14, maior redução da força de retenção em comparação com a modificação das características do material, sucede apenas com carga de tração vertical sobre as chapas. Em contrapartida, as forças de retenção em pontos de PRESSUNIÃO longitudinais aumentam com um primeiro aquecimento a 750 °C e tal forma que coincidem com os valores correspondentes dos pontos transversais. Sob esse aspecto, o elemento de entrosamento torna-se isotrópico. Depois do primeiro aquecimento a 750 °C, mais ciclos de aquecimento abaixo do limite da resistência à formação de crostas de óxido de ferro, não causam modificação da força de retenção, figura 12. Mesmo acima do limite da força de retenção é bem menor do que imaginado e deve corresponder à perda de material com a formação de crostas de óxido de ferro. Após sobrecarga térmica, fácil de reconhecer pela perda notável da resistência à tração do material, até a diminuição da força de retenção do elemento de entrosamento é bem menor do que a perda de consistência do material, figuras 13 e 14.

#### Possibilidades efetivas do processo de PRESSUNIÃO

---

Atualmente esta técnica permite a junção de chapas de até 2,5 mm. A espessura total das chapas pressunidas não deveria exceder demasiada-

damente o total de 4 mm. Constitui uma vantagem o fato de as chapas que formam uma união poderem ser de espessuras diversas, podendo a chapa mais espessa das duas perfeitamente ser a de punção e/ou matriz.

Com o processo em apreço não se une apenas chapas de mesma espécie, ou seja, aço com aço e metais não-ferrosos com metais não-ferrosos, mas também, e de maneira proveitosa, materiais divergentes, a saber, aço com metais não-ferrosos ou metais não-ferrosos em si diferentes. Apesar da indicação dessas últimas possibilidades de aplicação do processo de PRESSUNIÃO, naturalmente precisa ser considerado que, no caso do uso de materiais incompatíveis podem ocorrer corrosões, decorrentes das condições de aplicação.

Em alguns casos, conseguiu-se a união de peças de metal com peças de matéria plástica. Isso abrange imenso número de materiais. Condição única para a subsequente de elementos protetores ou conservantes. Na produção, não ocorre a geração de gases ou vapores, tornando desnecessários os sistemas de exaustão.

As chapas podem ser engraxadas, receber um revestimento óxido de verniz, de matéria plástica ou de metal não-ferroso. Elas são utilizadas sem qualquer tratamento preliminar que exceda o estado por ocasião da entrega. Além disso, a PRESSUNIÃO admite a junção de chapas revestidas de zinco, alumínio e/ou matéria plástica.

Segundo os mais recentes estudos sobre a vulnerabilidade à corrosão da peça pressunida de aço galvanizado à fogo, invariavelmente as áreas de corte indispensáveis no material criam maiores problemas que os entalhes locais causados pelo processo de PRESSUNIÃO.

## Conclusões

-----

A PRESSUNIÃO representa um processo de junção orientado pela técnica de deformação à frio de chapas, tubos e perfis. da combinação de cisalhamento e deformação à frio com ferramentas pequenas, resultam elementos de junção do próprio material a ser unido. As possibilidades de regulagem das máquinas-ferramenta utilizadas nesta operação, permitem uma perfeita adaptação do processo ao campo de aplicação.

Considerando as virtudes deste processo, com vistas às possibilidades oferecidas pela técnica de PRESSUNIÃO múltipla, apresenta-se ampla escala de aplicação para a utilização do mesmo. Realmente, este processo representa uma complementação, extensão e alternativa a outros, muitas vezes como nova solução de problemas.

As soluções de problemas fundamentam-se sob o ponto de vista de construção, na estrutura específica do comportamento da resistência de pontos de PRESSUNIÃO em relação à carga estática, dinâmica e térmica aplicada a elementos unidos.

## Bibliografia

- (1) LIEBIG, H.P., Blechteile unlösbar verbinden nach dem  
J. BOBER e R. BEYER: Druckfügeverfahren.  
Bänder, Bleche, Rohre 25 (1984) 4, págs.  
99/102
- (2) LIEBIG, H.P., Experimentelle Untersuchungen des  
J. BOBER e R. BEYER: Druckfügens.  
Bänder, Bleche, Rohre 25 (1984) 5, págs.  
120/124.
- (3) LIEBIG, H.P., Connecting sheet metal by press joining.  
J. BOBER e R. BEYER: Bänder, Bleche, Rohre 25 (1984) 9, págs.  
240/244.
- (4) LIEBIG, H.P., Neue Möglichkeiten des Verbindens von  
Blechteilen durch Druckfügen.  
Tagungsbände "Zukunftssicherung in der  
Blechverarbeitung". (7.2.1985 Stuttgart;  
13.11.1985 Hagen)  
Hannover 1985: Deutsche  
Forschungsgesellschaft fuer Blechver-  
arbeitung e.V. (DFB)
- (5) LIEBIG, H.P.: Vom Einfach-zum Mehrfachdruckfügen - Die  
Entwicklung einer mechanischen  
Fügetechnik für Blechteile.  
Blech, Rohre, Profile 32 (1985) 10, págs.  
531/536.

- (6) LIEBIG, H.P. e J. BOBER: Press joining of steel and aluminum sheets IDDRG/VDEH, 14 th Biennial Congress Köln 1986: Sheetmetal requirements and solutions.
- (7) LIEBIG, H.P.: Druckflüßtechnik - Die Fertigung bei Blech- und Profilkonstruktionen auf neuen Wegen. Düsseldorf 1986: DDV-Schrift (Deutscher Verzinkerei-Verband).
- (8) LIEBIG, H.P. e G.- J. ECKOLD: Steigerung der Wirtschaftlichkeit in der Montage durch Komplettwerkzeuge zum Druckflüßen. Der Technologie-Manager 35 (1986) 8, págs. 32/34.
- (9) LIEBIG, H.P. e J. BOBER: Ueber die Eignung höher fester Stahlbleche zum Druckflüßen. Stahl und Eisen 106 (1986) 8, págs. 363/370.
- (10) LIEBIG, H.P.: Press joining of sheet metal British Engineer 21 (1986) 9
- (11) LIEBIG, H.P.: Druckflüßtechnik - an der Nahtstelle von Blechumformen und Flüßen siedelt sich eine neue Fertigungstechnik an. (Técnica de Pressunião - da combinação do processo de conformação de chapa e de encaixe surgiu uma nova técnica de produção). Blech, Rohre Profile 33 (1986) 9, págs. 319/326.

(12) N.N.

Druckflügetechnik - Rationelle Verbindung  
von Blechen und Blechprofilen durch  
Umformen ohne Hilfsflügeteile-Mobil und  
Stationär.

(Técnica de Pressunião - União racional  
de chapas e perfis por conformação, sem  
elementos de junção suplementares - em  
equipamentos móveis ou estacionários).

St. Andreasberg 1982/85:

Impressos da Firma WALTER ECKOLD GmbH &  
Co. KG.

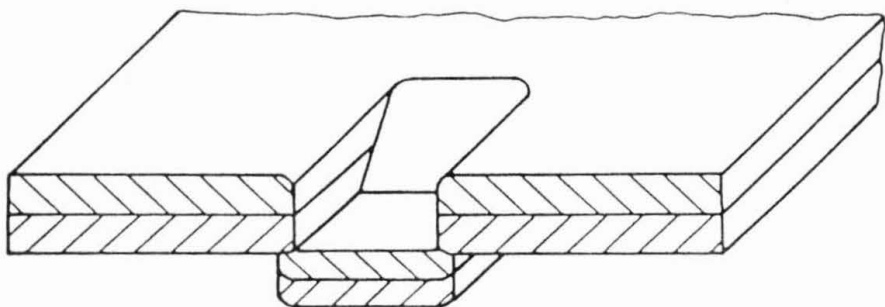


Figura 1: Referente à norma DIN 8593, item 4.5.2.11 -  
união por meio de pressão



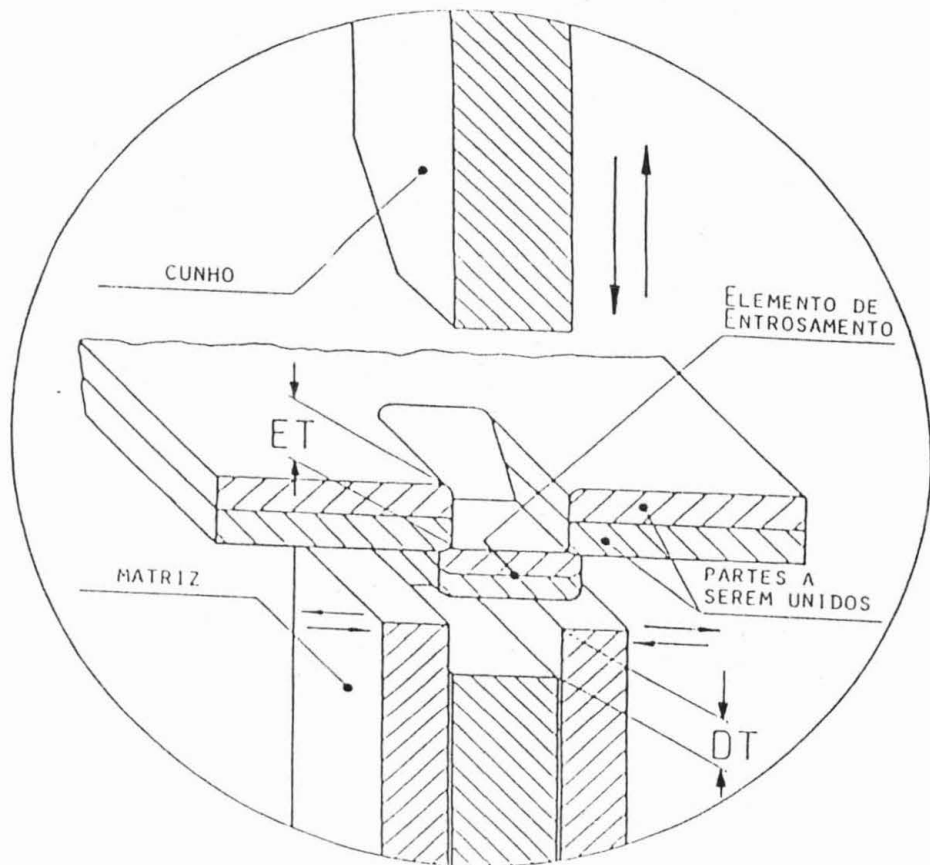


Figura 2 . princípio de PRESSUNIÃO

DT = Profundidade de entrosamento

ET = Profundidade de penetração

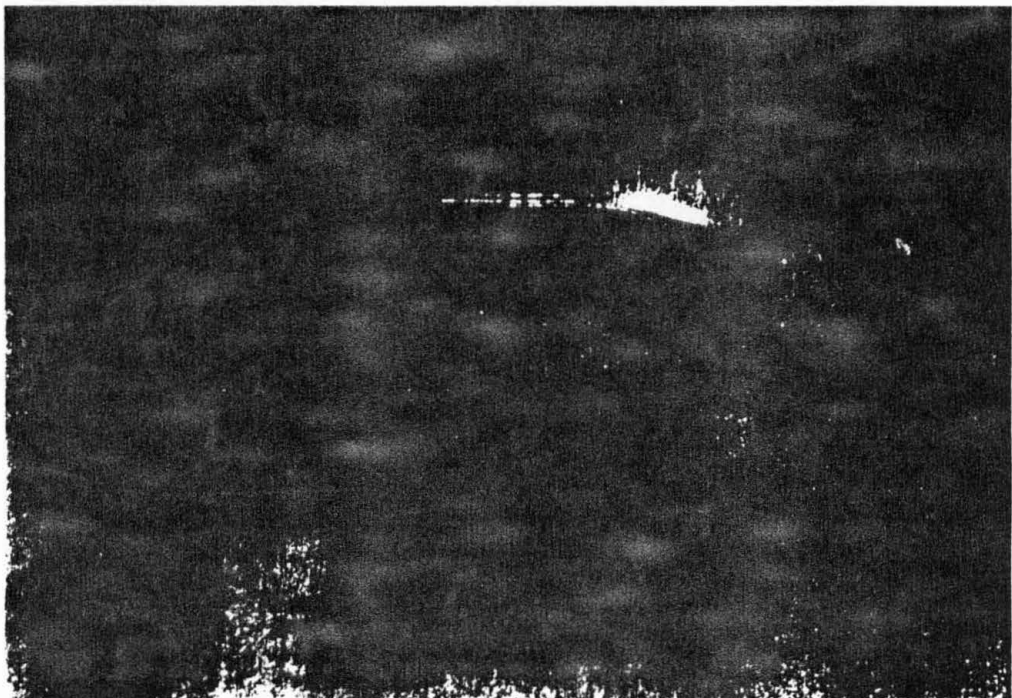


Figura 3 : Ponto típico de PRESSUNIÃO

→ ao alto : visto pelo lado da matriz

→ acima : visto pelo lado do punção

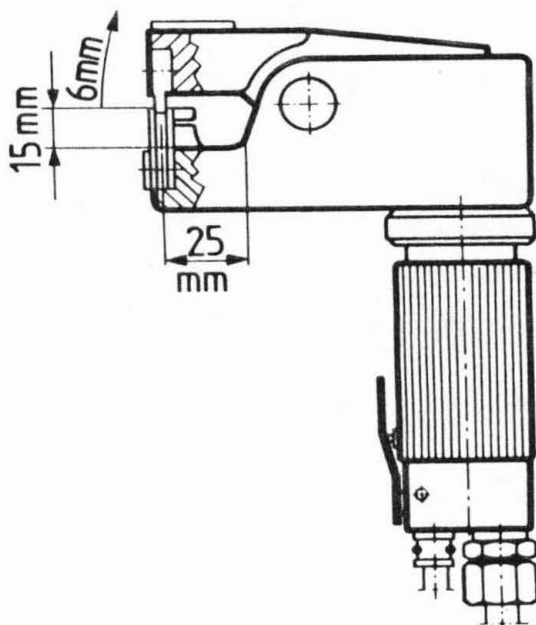


Figura 4 : Alicates hidráulico ECKOLD KARMANN-GHIA para PRESSUNIÃO  
Tipo M2D 25/3 BR - peso : 3,5 kg.

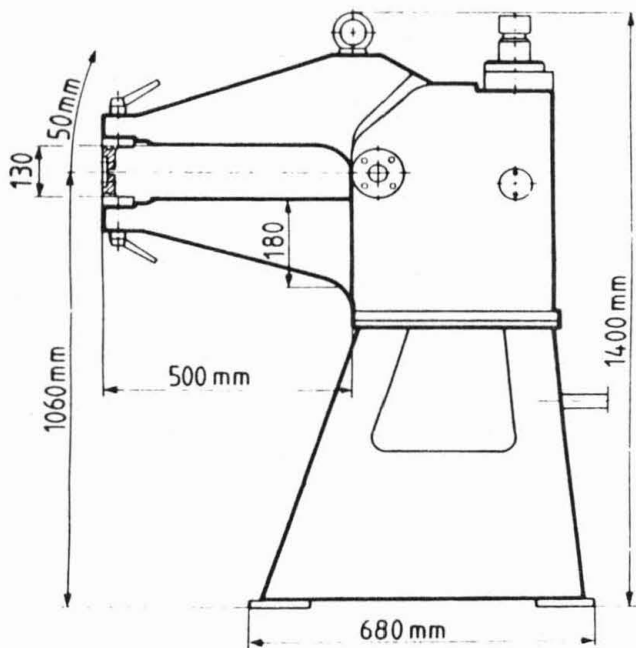
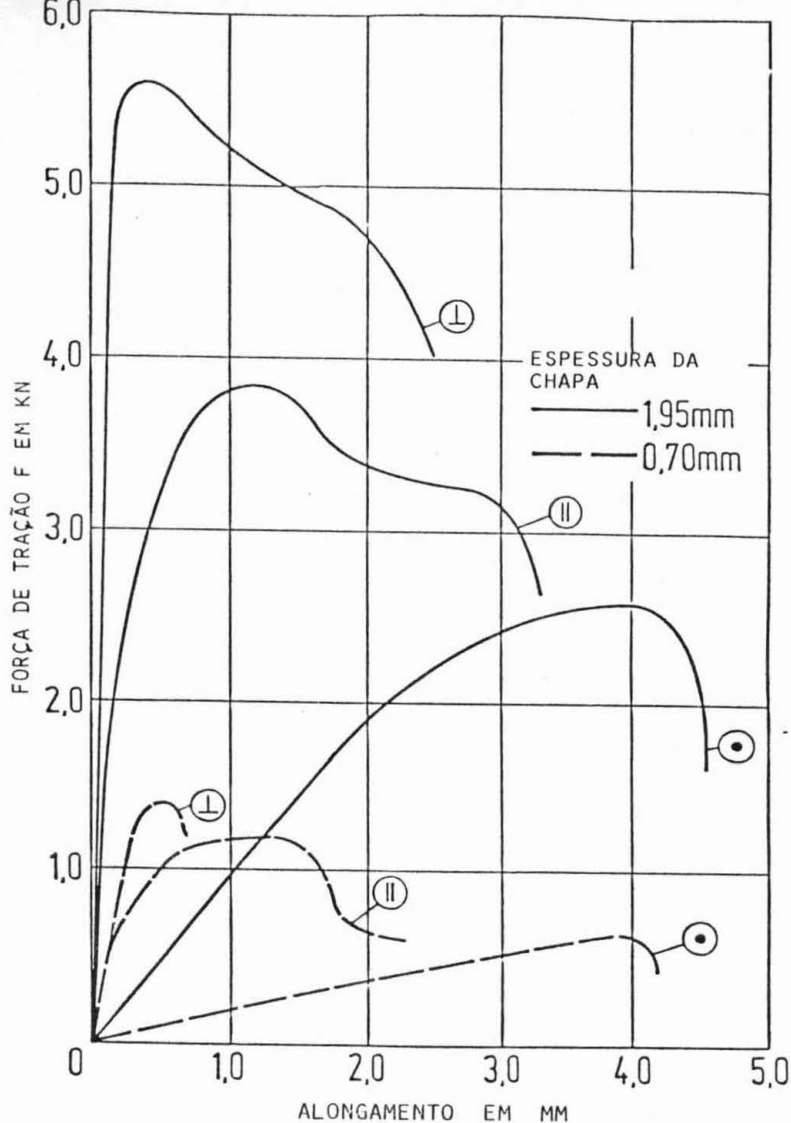


Figura 5 : Máquina Estacionária ECKOLD KARMANN-GHIA para PRESSUNIÃO

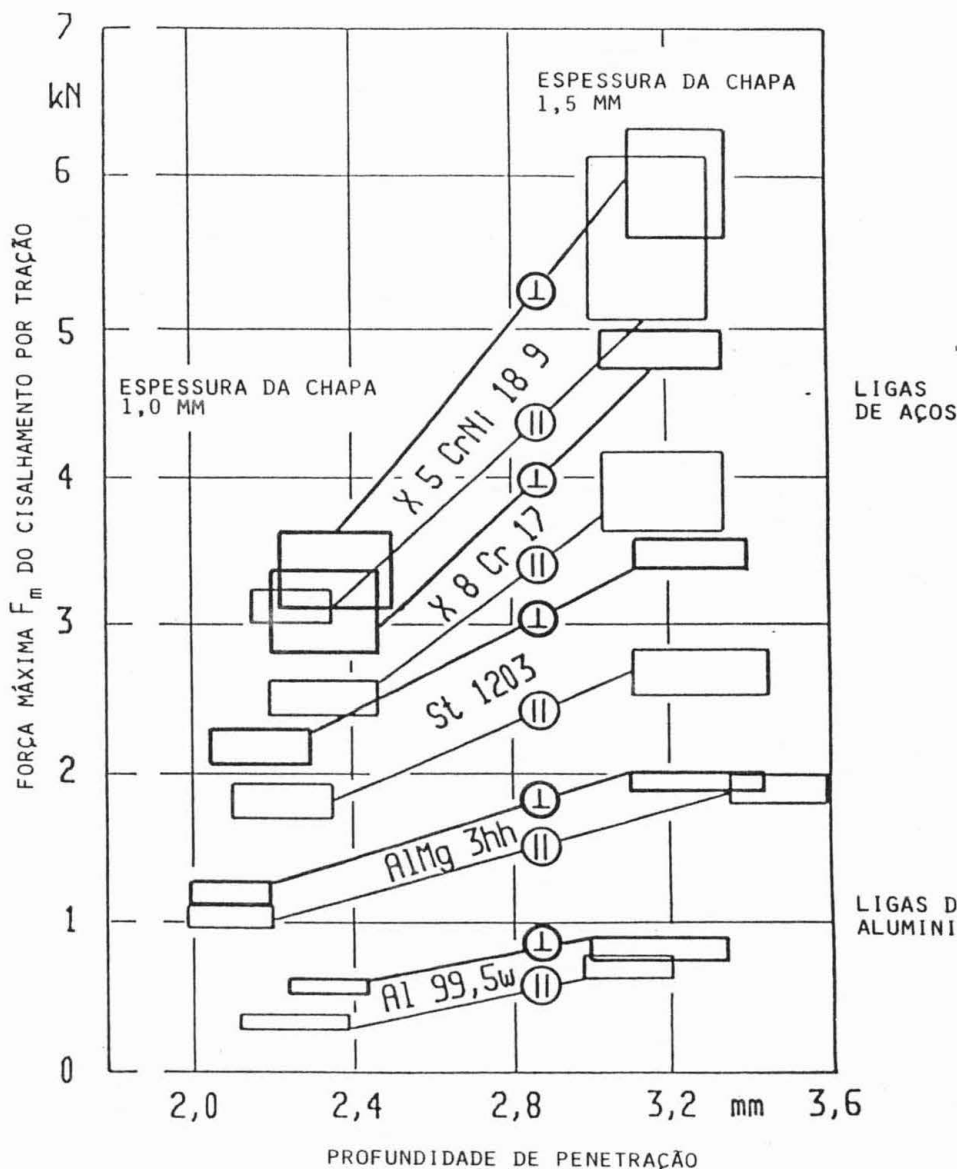
Tipo MD 500/6 BR - peso : 200 kg.

CARGA	CISALHAMENTO POR TRACÇÃO TRANSVERSAL	CISALHAMENTO POR TRACÇÃO LONGITUDINAL	TRACÇÃO VERTICAL
	⊥		●
GEOMETRIA DAS PROVAS			

Figura 06 : Geometria das provas para o exame da união por pressão através de ensaio de tração

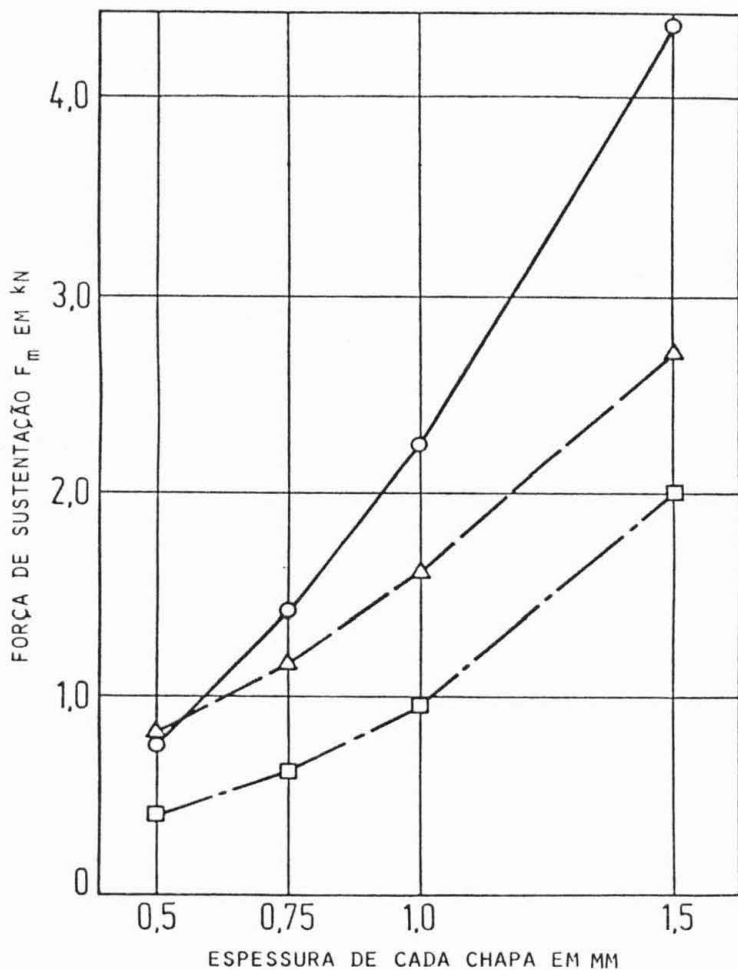


**Figura 07:** comportamento da deformação de peças unidas por pressão sob cargas diferentes durante o ensaio de tração (material aço P 275)



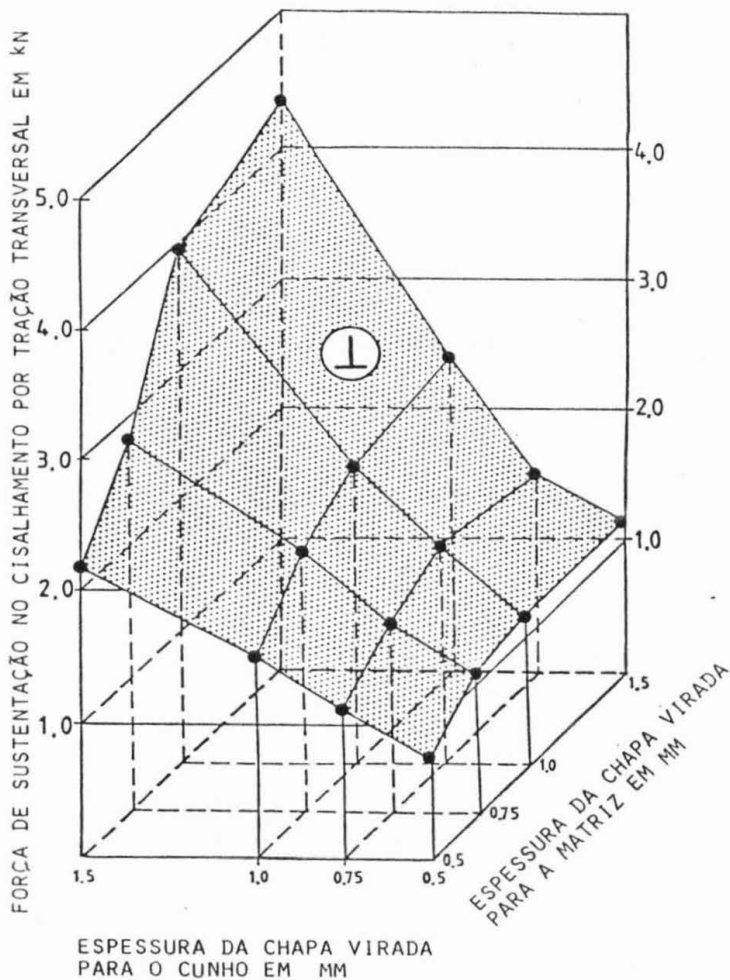
**Figura 08:** Áreas das forças máximas do cisalhamento por tração em dependência do material, da espessura da chapa, do posicionamento do elemento de encaixe e da área da profundidade de penetração

- ⊥ ○ — ○ CISALHAMENTO POR TRAÇÃO TRANSVERSAL
- ∥ △ — △ IDEM, LONGITUDINAL
- □ - - □ TRAÇÃO VERTICAL

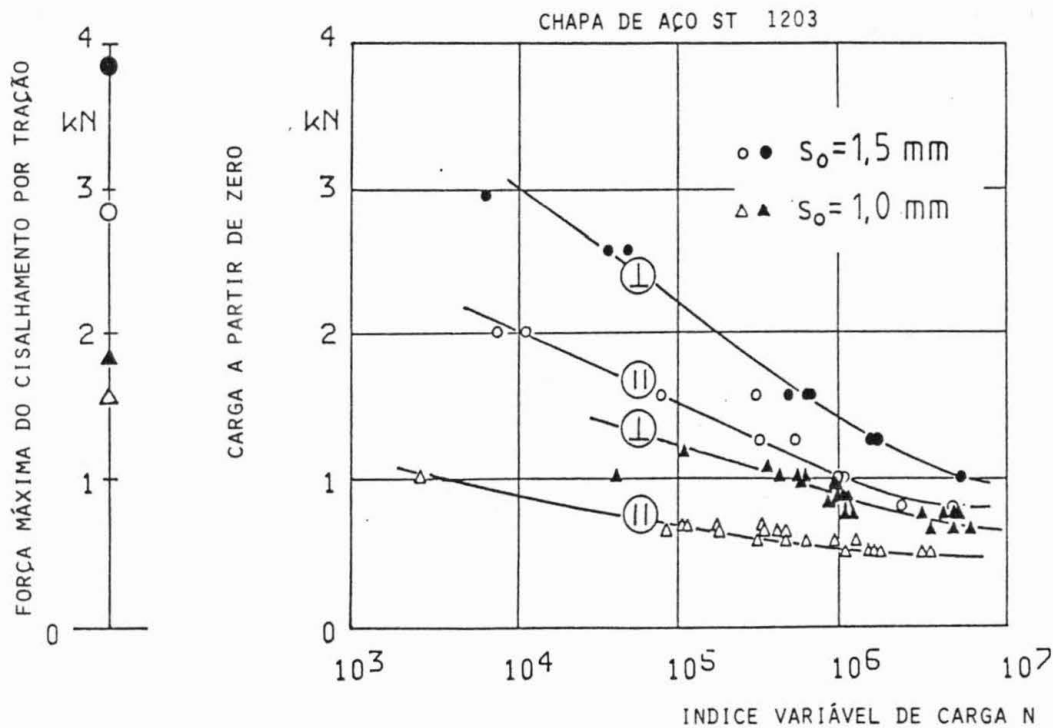


**Figura 09:** Força de sustentação de provas unidas por pressão, em dependência do caso de carga e da espessura individual de cada chapa ( material StE 320-32 275 )

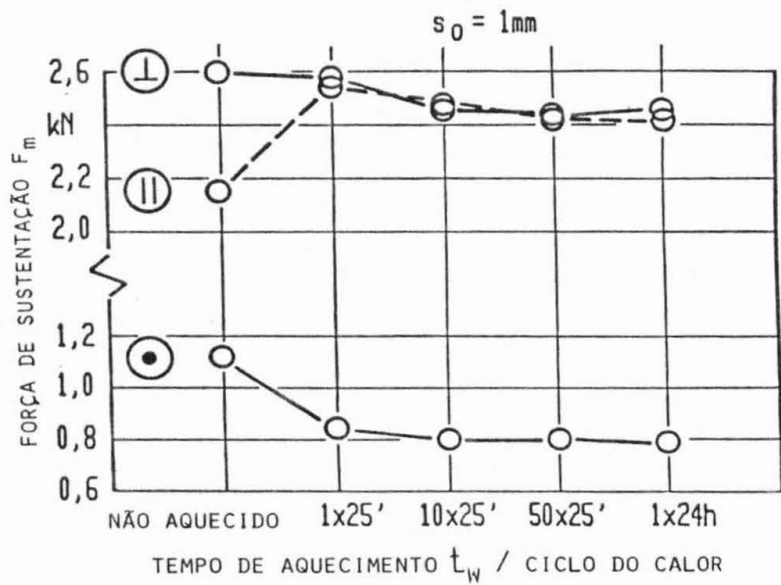
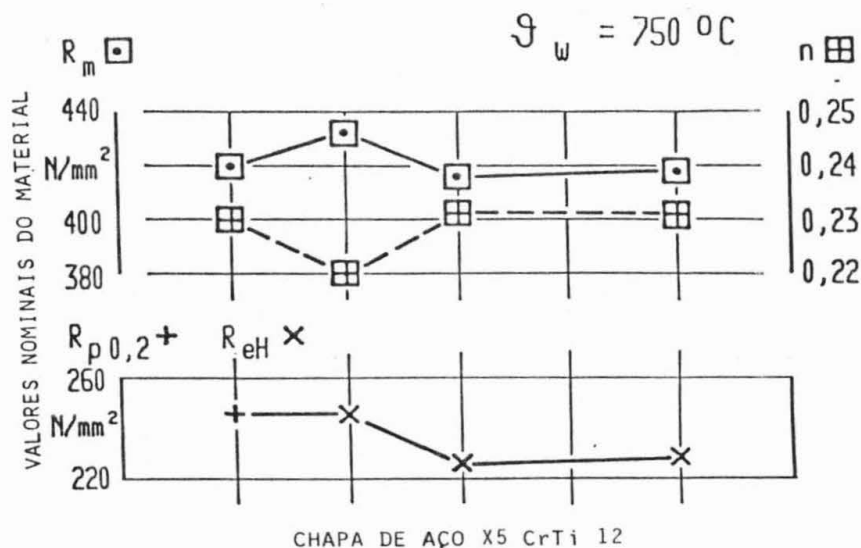




**Figura 10:** Influência da combinação de espessuras de chapas sobre a força de sustentação de uniões por pressão, verificada no caso de carga de cisalhamento por tração transversal (material: StE 320-3Z 275 NA )

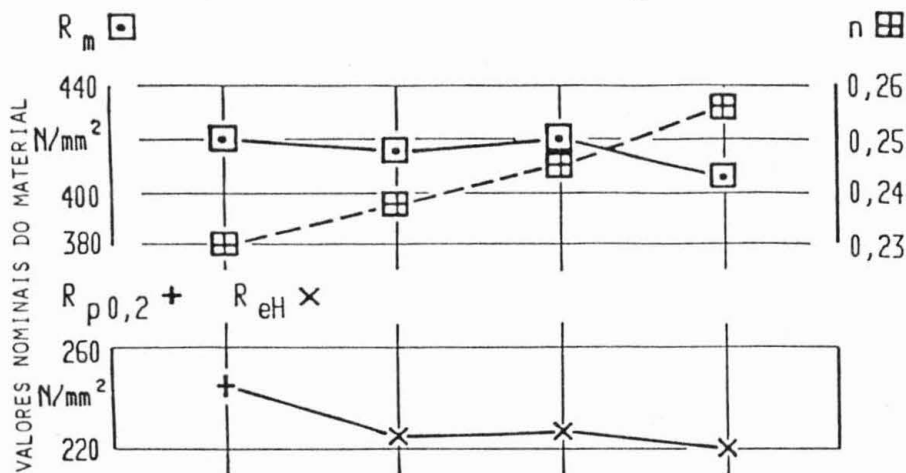


**Figura 11:** Número variável de carga em dependência da carga a partir de zero (  $R = 0$  ) durante o ensaio por oscilação permanente ( união por pressão de um elemento )



**Figura 12:** Comparação do comportamento do material e a capacidade de sustentação do elemento unido por pressão para cargas termicamente diferentes, com  $750\text{ }^\circ\text{C}$

CICLO DO CALOR  $10 \times (t_w = 25')$



CHAPA DE AÇO X5 CrTi 12

$s_0 = 1\text{mm}$

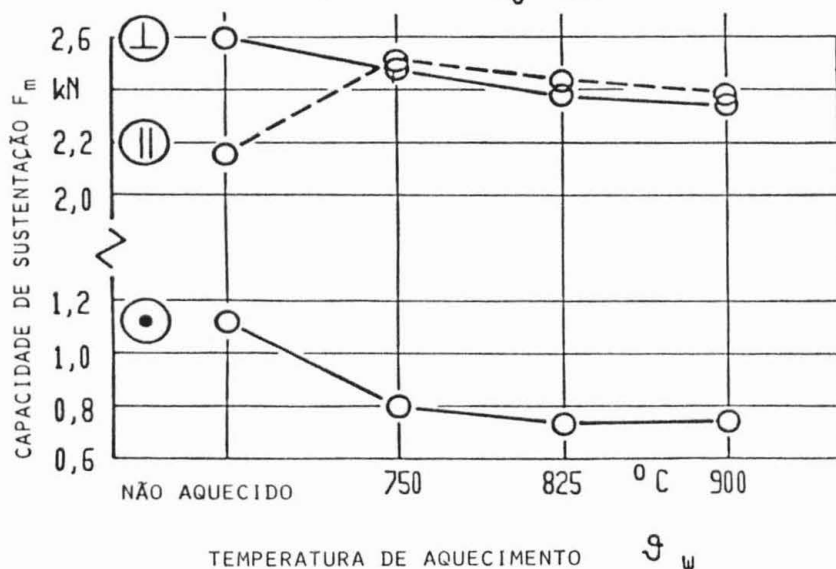
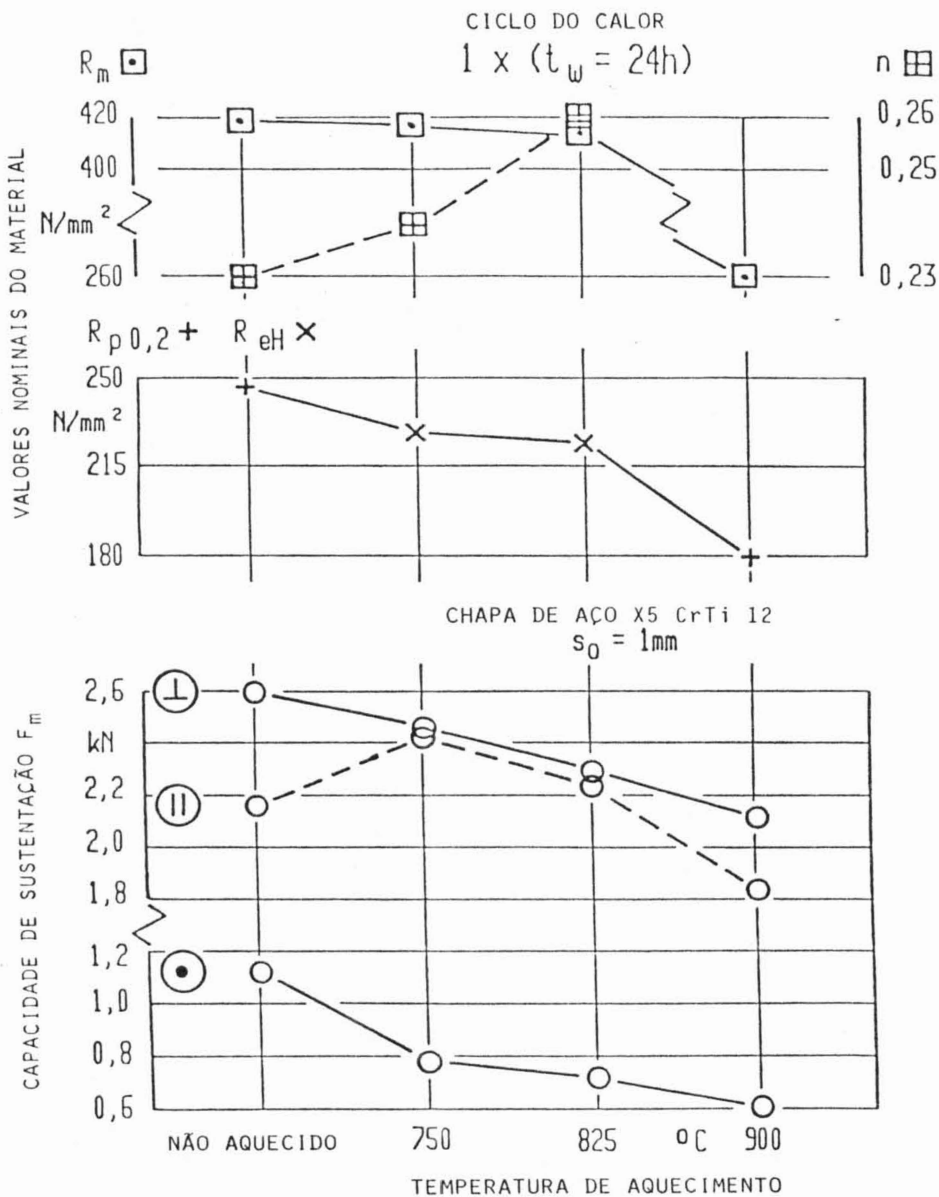


Figura 13: Comparação do comportamento do material e da capacidade de sustentação do elemento unido por pressão, em dependência da temperatura de aquecimento sob carga termica oscilante.



**Figura 14:** Comparação do comportamento do material com a capacidade de sustentação de elemento de união, em dependência da temperatura de aquecimento, sob carga térmica permanente.

