

Rechupe ou marcas de chupagem

Introdução:



Figura. Peça contendo marca de chupagem

Solidificação dos aços

Após a etapa de refino, o aço está pronto para ser “vazado” e solidificado. Esta etapa de solidificação chama-se lingotamento, o qual pode ser convencional ou contínuo.

No lingotamento convencional, moldes metálicos (“lingoteiras”), feitos normalmente de ferro fundido, são utilizados na solidificação do aço que após completamente solidificado recebe o nome de lingote.

Já no lingotamento contínuo, o aço líquido é vazado em um grande reservatório chamado distribuidor. Do distribuidor, o aço líquido segue por dois moldes metálicos de cobre na forma de tubos que são refrigerados com água. Quando saem destes moldes, o aço já solidificado recebe “sprays” de água para completar o resfriamento. Durante o resfriamento, o aço é cortado com dimensões padronizadas por tesouras, recebendo o nome de tarugo.

Tanto o lingote quanto o tarugo são, então, levados para a etapa de laminação, onde serão transformados em uma série de produtos, tais como barras, perfis, chapas, fio máquina entre outros.

O aço líquido é homogêneo, mas durante a solidificação surgem defeitos que tornam o material sólido heterogêneo.

Alguns defeitos são eliminados durante a fabricação do produto final (acabado) outros defeitos são tornam-se até mais evidentes no produto final.

Como em todo o processo, alguma coisa "*sai errado*" e aparecem os defeitos. Alguns tipos são removíveis com tratamento térmicos e ou termomecânicos, outros podem persistir e até evidenciarem-se no produto final.

Os defeitos comuns das peças fundidas a seguir são devidos à solidificação após fabricação não tão cuidadosa. Gotas frias

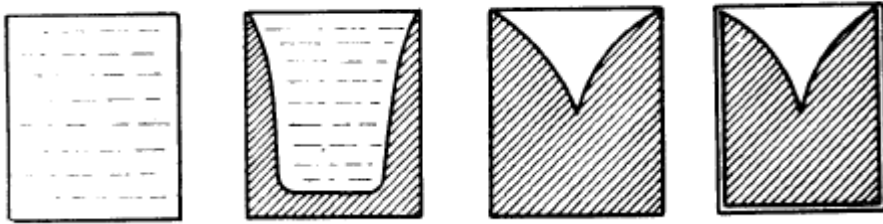
- **Gotas frias**, pequenas gotas respingam contra as paredes da lingoteira, resfriando-se e oxidando-se; quando presas a parede não aderem muito bem ao lingote e são um defeito.
- **Inclusão da areia** do molde nas paredes internas ou externas da peça. Isso causa problemas de usinagem: os grãos de areia são abrasivos e, por isso, estragam a ferramenta. Além disso, causam defeitos na superfície da peça usinada.
- **Defeitos de composição** da liga metálica que causam o aparecimento de partículas duras indesejáveis no material. Isso também causa desgaste da ferramenta de usinagem.
- **Bolhas**, vazios oriundos de gases dissolvidos no líquido e que ficaram retidos no lingote fundido. Para se evitar as bolhas utilizam-se, desoxidantes.
- **Trincas**, ocasionadas pelas tensões excessivas que se desenvolvem durante o resfriamento ou ainda devido ao formato desigual das peças, impedindo o resfriamento uniforme.
- **Segregação**, ao solidificar um metal, as impurezas como: fósforo e enxofre, não são tão solúveis no estado sólido como no líquido, portanto são repelidas para o líquido quando a solidificação se propaga. A solidificação cominha da periferia para o centro, portanto é no centro que as impurezas se acumulam, esse fenômeno é denominado segregação.
- **Rechupe**: a solidificação de um metal se inicia pelas partes que estão em contato com as paredes do molde ou na parte superior, onde o metal está exposto ao ar. O metal ao passar do estado líquido para o sólido diminui seu volume, portanto aparecerá uma região central no lingote ou peça que se chama rechupe.

RECHUPE

As **marcas de chupagem** ou **rechupe** geralmente aparecem sob pontos de acúmulo de material (pontos de variação da superfície da peça, próximo à nervuras e castelos de fixação), como uma depressão na superfície da peça moldada se a contração do material não for compensada.

Espessuras de parede diferentes numa mesma peça podem ocasionar qualquer tipo de *rechupe*, tanto devido ao alívio de tensões, como à concentração de tensões no moldado.

rechupe ou vazio de chupagem



A variação da espessura da parede é provavelmente a causa mais importante de rechupes.

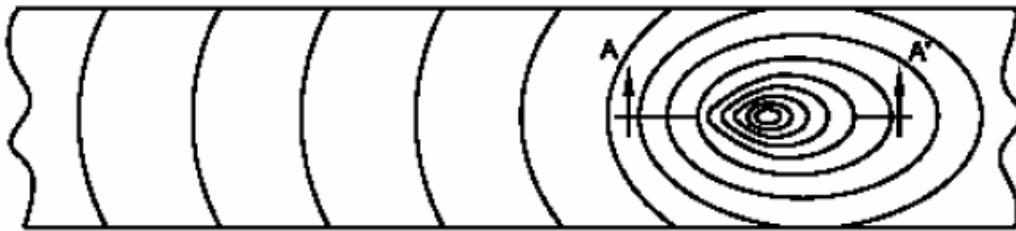


Figura 21 — Rechupe de cratera

Rechupe de Cratera é a falta de metal resultante da contração da zona fundida, localizada na cratera do cordão de solda.

Outro importante tipo de rechupe é aquele ocasionado por um projeto deficiente para nervuras e saliências no produto. A localização indiscriminada de nervuras e a seleção imprópria das espessuras das mesmas podem provocar uma contração no molde capaz de alterar a forma da peça.

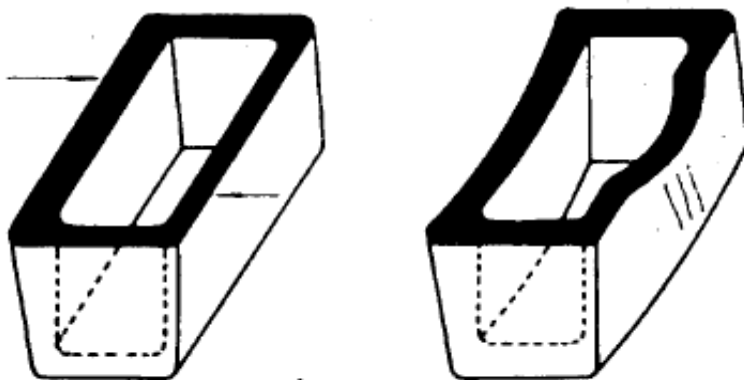


Fig. I

Figura 1 - Produtos com variação de espessura

A melhor maneira de minimizar o rechupe na orientação é fornecer um fluxo longitudinal para peças retangulares ou um fluxo radial para as circulares. Para peças circulares furadas no centro, podem-se utilizar entradas múltiplas.

A contração desigual em um produto moldado por injeção causa distorção dimensional ou rechupe. Em virtude de ser quase impossível o corrigir pela modificação das condições de moldagem, o pior tipo de rechupe é

aquele causado pelo projeto deficiente da peça. Assim a peça deve ser projetada de forma a prevenir os indesejáveis rechupes.

A solidificação se inicia nas regiões onde há mais troca de calor, paredes e superfície. Quando da solidificação, ocorre a formação de um perímetro sólido envolvendo uma região central líquida.

Com o passar de um estado líquido para sólido, concomitantemente, ocorre uma contração volumétrica devido à queda de temperatura.

Visto não haver mais líquido para abastecer a variação de volume, surge então regiões "vazias" no seio da massa metálica. Este defeito se localiza habitualmente no centro da parte superior dos lingotes, região que, em geral, se solidifica por último. O tamanho de tais marcas de chupagem não segue uma ordem pré-estabelecida. Pode ser um só oco ou vários de tamanho variável.

Este tipo de descontinuidade é muito grave para a sanidade das peças, afetando diretamente as propriedades mecânicas.

Normalmente, o "rechupe" é eliminado pelo corte da parte que o contém. No caso do lingote quando ainda se encontra ao rubro. Nos casos em que o corte não é suficiente para eliminar totalmente o rechupe (ou existirem falhas internas não notadas na ocasião do corte, esses defeitos vão aparecer nos produtos acabados).

O "massalote", conhecido também como "cabeça quente ou macho", é um prolongamento sobreposto a lingoteira, constituído por material refratário. Certa quantidade de metal destinado a preencher o oco que tende a aparecer no lingote é mantida no estado de fusão. Com o uso de "massalote" se faz com que os vazios se formem no interior desses e assim obtém-se um lingote são. A função destes canais é atrair o quanto possível o defeito. O "rechupe" nestes casos pode manifestar-se sob a forma de "porosidades".

Quando não há contato com o exterior, os rechupes são cheios de CO (gás redutor) que impede a oxidação das superfícies internas.

O lingote mostrado na Figura 1 foi produzido a partir de um tarugo com 4,5 quilogramas de aço comercial em forno de indução com atmosfera inerte.

Após as adições de elementos de liga a composição química da peça correspondeu à especificação do aço de baixa liga Cr-Mo, sendo observados os teores de 0,4% de carbono, 1,04% de manganês, 0,11% de níquel, 0,83% de cromo, 0,16% de molibdênio e 0,053% de nióbio (percentual em massa). A peça foi seccionada em seu plano de simetria longitudinal, onde foi possível observar a presença do vazio de contração (rechupe) gerado durante a solidificação. Este defeito, comum em peças fundidas, não havia sido notado antes que o corte do lingote fosse feito. Pedacos próximos ao rechupe, localizados na região onde a solidificação tenha ocorrido tardiamente, foram cortados com cortadeira metalográfica de disco abrasivo.



Figura 1 - Macrografia do lingote de aço microaligado 4140 microaligado ao nióbio. Ataque com nital 2%.

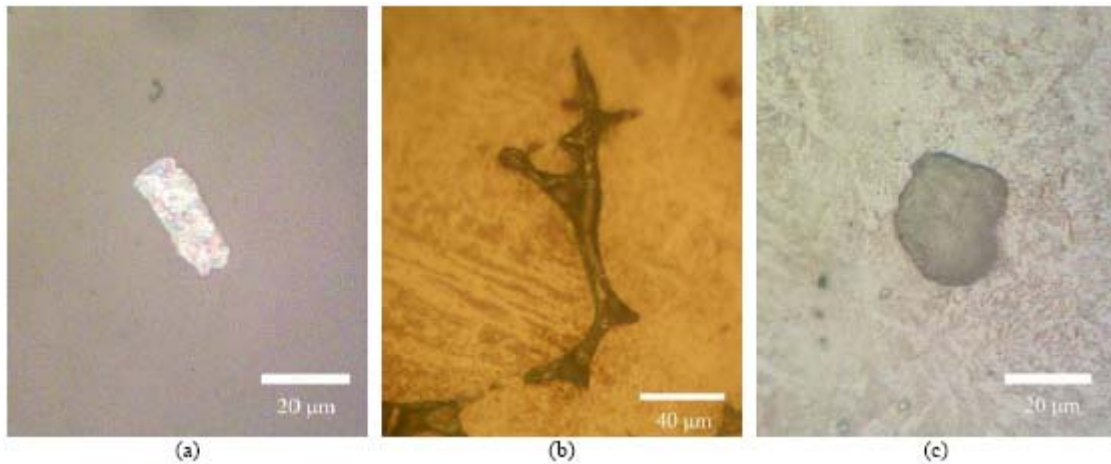


Figura 2 - Micrografias em campo claro, obtidas por microscopia ótica, mostrando os tipos de carbonitretos eutéticos observados no lingote de aço ABNT 4140 microaligado. Aumento de 675X em (a) e (c) e 330X em (b).

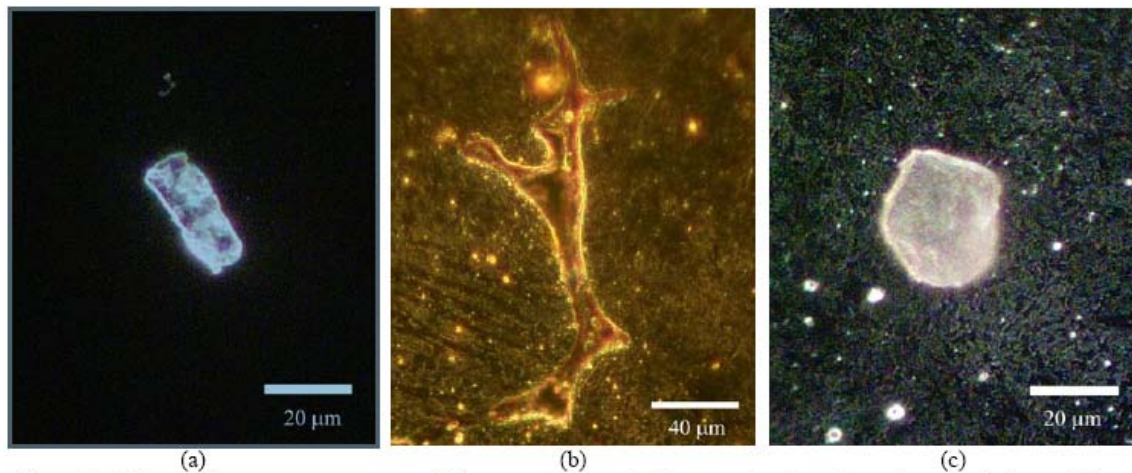


Figura 3 - Micrografias em campo escuro, obtidas por microscopia ótica, mostrando os tipos de carbonitretos eutéticos observados no lingote de aço ABNT 4140 microaligado. Aumento de 675X em (a) e (c) e 330X em (b).

Confecção do macho ou massalotes – Essa etapa consiste em construir um modelo Macho (é um dispositivo, feito também de areia, que tem a finalidade de formar os vazios, furos e reentrâncias da peça.) com o formato aproximado da peça a ser fundida.

Eles são colocados nos moldes antes que eles sejam fechados para receber o metal líquido. Esse modelo vai servir para a construção do molde e

suas dimensões devem prever a contração do metal quando ele se solidificar bem como um eventual sobre metal para posterior usinagem da peça. Ele é feito de madeira, alumínio, aço, resina plástica até o molde, é o dispositivo no qual o metal fundido é colocado para que se obtenha a peça desejada. Ele é feito de material refratário composto de areia e aglomerante. Esse material é moldado sobre o modelo que, depois de retirado, deixa uma cavidade com o formato da peça a ser fundida.

- **Fusão** – Etapa em que acontece a fusão do metal.
- **Vazamento** – O vazamento é o enchimento do molde com metal líquido.
- **Desmoldagem** - Após determinado período de tempo em que a peça se solidifica dentro do molde, e que depende do tipo de peça, do tipo de molde do metal (ou liga metálica), ela é retirada do molde (desmoldagem) manualmente ou por processos mecânicos.
- **Rebarbação** – A rebarbação é a retirada dos **canais de alimentação, massalotes** e rebarbas que se formam durante a fundição. Ela é realizada quando a peça atinge temperaturas próximas às do ambiente.

Para produzir peças fundidas com a mínima presença de rechupes é necessário que determinados requisitos de alimentação sejam atendidos e que dependem de variáveis tais como a geometria da peça, composição química da liga, temperatura de trabalho da liga entre outras. Geralmente três requisitos fundamentais devem ser atendidos são:

1. **REQUISITO TÉRMICO:** Deve existir um gradiente de temperatura positivo em direção ao macho, ou seja, o massalote deve ser o último a solidificar.
2. **REQUISITO VOLUMÉTRICO:** O volume do massalote deve ser suficiente para compensar as contrações da peça ou secção da peça a qual o mesmo deve atender.
3. **REQUISITO DA DISTÂNCIA:** Geralmente aplicado para peças mais extensas como placas, barras, anéis. Para atender este requisito se deve verificar a distância máxima de vinte e uma coberturas de cada massalote para calcular a quantidade de macho. Neste caso cada massalote deve atender no mínimo ao requisito térmico local e o volume de todos os massalotes deve atender ao requisito volumétrico da peça.