

SUMÁRIO

POR QUE UTILIZAR PEÇAS MICROFUNDIDAS?	3
1. Flexibilidade de projeto	3
2. Melhoria das propriedades através da seleção da liga	3
3. Alta precisão dimensional	3
4. Melhor acabamento superficial	4
5. Economia de tempo e dinheiro	4
6. Investimento relativamente baixo em ferramental.....	4
7. Agilidade e confiabilidade na “re-fabricação” das peças.....	4
8. Mínima perda de metal por peça (Sustentabilidade).....	4
CARACTERÍSTICAS DE UMA PEÇA MICROFUNDIDA.....	5
1. Escopo.....	5
2. Termos e definições.....	5
3. O que é um microfundido?.....	5
4. Características gerais de peças microfundidas:.....	6
5. Aplicações mais comuns das peças microfundidas:.....	6
QUALIDADE DE PRODUTO	7
1. Composição química	7
2. Propriedades mecânicas e metalúrgicas	7
2.1 - Dureza.....	7
2.2 - Microestrutura:	8
2.3 - Sanidade Interna.....	9
3. Qualidade Superficial.....	9
4. Desempenho Funcional	10
DIFERENCIAL COMPETITIVO - FUPRESA	12
1. Injeção	12
2. Moldagem	13
3. Deceragem	13
4. Calcinação	13
5. Fusão do metal e preenchimento do molde pelo processo CGP	14
6. Suporte ao desenvolvimento do processo de fabricação.....	14
7. Suporte à Engenharia de Produto do cliente (CO-DESIGN).....	14

TABELA 1: Composição Química das Ligas Microfundidas	15
1. Aços carbono e de baixa liga	16
2. Aços ferramenta	17
3. Aços Inoxidáveis: Ferríticos, Martenzíticos e Endurecíveis por precipitação.	18
4. Aços Inoxidáveis Austeníticos.....	19
TABELA 2: Propriedades Mecânicas.....	20
1. Aços Carbono e de Baixa Liga.....	21
2. Aços inoxidáveis: Ferríticos , Martensíticos e Endurecíveis por precipitação.	22
3. Aços Inoxidáveis Austeníticos.....	22
TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS, ESTADOS DE SUPERFÍCIE E ADICIONAIS PARA USINAGEM.....	23
1. Definição e âmbito de validade	24
2. Finalidade	24
3. Precisão dimensional	25
3.1 Diminuição e encolhimento	25
3.2 Planos de referência e pontos de referência	25
3.3 Inclinações de forma e extração.....	26
4. Tolerância dimensional	27
4.1 Tolerâncias dimensionais lineares.....	27
4.2 Tolerâncias de forma e de posição	28
4.3 Tolerâncias angulares	30
4.4 Raio de Curvatura	31
4.5 Tolerâncias dimensionais para espessuras de parede.....	31
5. Qualidade superficial	32
6. Adicionais para a usinagem.....	32
7. Indicações complementares e dados.....	33
7.1 Raios internos	33
7.2 Raios externos e chanfro externo.....	33
7.3 Furos, furos cegos, canais, ranhuras e fendas.....	33
7.4 Identificação das peças fundidas.....	33

POR QUE UTILIZAR PEÇAS MICROFUNDIDAS?

1. Flexibilidade de projeto

Microfusão é o sonho dos projetistas!

As restrições são muito poucas.

Microfusão oferece ampla liberdade de escolha para a liga metálica.

Microfusão oferece ampla liberdade para projetar configurações externas e formas internas complexas, impossíveis de serem obtidas por forjamento, fundição ou usinagem a partir de barra.

2. Melhoria das propriedades através da seleção da liga

A ampla liberdade de escolha da liga metálica permite a seleção de ligas que favoreçam a resistência mecânica tornando viável a redução da espessura de paredes e, por consequência, do peso da peça.

A seleção de uma liga inoxidável, por exemplo, permitirá a eliminação de eventual tratamento superficial.

3. Alta precisão dimensional

As faixas de tolerância, estreitas quando comparadas com forjamento e fundição, são consistentes.

Uma vez estabelecido e monitorado via CEP o processo de produção não varia com o decorrer do tempo, diferentemente do que ocorre em outros processos em função do desgaste de moldes e ferramentas.

Na Microfusão os moldes de injeção em alumínio ou aço, quando projetados e fabricados seguindo as melhores práticas, não se desgastam pela injeção de cera mesmo após milhões de peças fabricadas.

4. Melhor acabamento superficial

O acabamento superficial, da ordem de 100 RMS ou 6,3 Ra ou Rz 25, é muito superior ao obtido por forjamento ou fundição.

Ele pode ser melhorado através de acabamento por vibração em meio cerâmico-abrasivo.

5. Economia de tempo e dinheiro

A Microfusão pode eliminar completamente a necessidade de usinagem em algumas aplicações ou reduzi-la consideravelmente para outras.

Devido à flexibilidade quanto à geometria, um microfundido adequadamente concebido pode substituir outro item metálico onde haja necessidade de montagem por rebiteagem ou soldagem de múltiplas peças estampadas, usinadas, forjadas ou fundidas.

6. Investimento relativamente baixo em ferramental

Para médias e grandes séries o investimento em ferramental não tem um peso relevante quando comparado ao valor anual do fornecimento.

7. Agilidade e confiabilidade na “re-fabricação” das peças

A retomada da produção, mesmo após um longo período de interrupção, é feita com agilidade em função dos baixos tempos de set-up, que é uma característica do processo de Microfusão.

8. Mínima perda de metal por peça (Sustentabilidade)

Como não há geração de cavacos, retirada de rebarbas ou outras operações semelhantes e os canais de fundição das peças microfundidas são reciclados, o desperdício de ligas é muito baixo, o que representa um diferencial competitivo importante no caso de ligas metálicas caras.

CARACTERÍSTICAS DE UMA PEÇA MICROFUNDIDA

1. Escopo:

Definir as características de peças microfundidas de modo que as mesmas atendam a todos os requisitos de qualidade e funcionalidade estabelecidos pelo cliente e que tenham o mínimo custo de fabricação possível.

2. Termos e definições:

Peça microfundida (ou microfundido): peça metálica fundida pelo processo de Microfusão.

As peças microfundidas podem, apesar do nome, ter pesos de até dezenas de quilogramas.

3. O que é um microfundido?

É uma peça fabricada a partir de um modelo que foi obtido pela injeção de cera em um molde metálico.

Esse modelo é colado, assim como outros tantos, em um canal de cera, formando uma árvore em cera.

Essa árvore é revestida com cerâmica, formando um molde cerâmico.

Quando esse molde está seco, a cera é derretida, o molde é calcinado em alta temperatura e depois preenchido com metal líquido.

Após o resfriamento, a cerâmica é fragmentada obtendo-se uma réplica em metal da árvore em cera, da qual as peças são extraídas via corte e limpadas.

O canal de fundição/ataque é removido, gerando uma cópia em metal do modelo de cera.

4. Características gerais de peças microfundidas:

Apresentam geometrias bastante complexas com alto nível de qualidade, tolerâncias dimensionais estreitas e bom acabamento superficial.

Podem ser fundidas em uma grande variedade de ligas metálicas: ligas à base de alumínio, de cobre, de cobalto, de níquel, de titânio e todas as famílias de ligas ferrosas: aços carbono, aços de baixa liga, aços ferramenta, aços inoxidáveis, ferros fundidos e etc.

5. Aplicações mais comuns das peças microfundidas:

Veículos para transporte de passageiros e de cargas, máquinas e equipamentos mecânicos, armamento, válvulas e conexões, próteses ortopédicas, entre tantas outras aplicações.

QUALIDADE DE PRODUTO

1. Composição química:

A composição química das ligas microfundidas mais comuns está na Tabela 1 anexa.

No caso de o cliente especificar ligas produzidas por outros processos, o microfundido será fornecido na liga com propriedades mecânicas que mais se assemelhem àquelas da liga original.

Limites quantitativos para elementos químicos não especificados na Tabela 1, deverão ser mutuamente acordados.

A análise da composição química poderá variar conforme previsto em norma ASTM A 703 – 07.

2. Propriedades mecânicas e metalúrgicas:

As propriedades mecânicas (limite de resistência, limite de escoamento e alongamento) são as apresentadas na Tabela 2 anexa.

Propriedades mecânicas não são rotineiramente testadas, a não ser que especificamente exigido pelo Cliente.

Neste caso, os custos dos ensaios serão cobrados em separado.

2.1 - Dureza

Não havendo especificação de Tratamento Térmico, as peças serão fornecidas no estado bruto de fusão.

Havendo exigências com respeito ao nível de descarbonetação superficial, esta deverá ser mutuamente acordado.

A faixa mínima aceitável para dureza em peças microfundidas temperadas e revenidas, será de 5 pontos Rockwell C.

Para peças com tratamento de normalização ou de recozimento, a especificação deverá ser de dureza máxima e não uma determinada faixa.

A medição de dureza é normalmente utilizada para controle dos tratamentos térmicos, conforme norma ASTM A 370 – 08.

2.2 - Microestrutura:

No caso de exigência de uma microestrutura determinada, ela deverá ser mutuamente acordada e deverá ser definida em termos de:

- Profundidade de descarbonetação admissível;
 - Profundidade de camada cementada, quando aplicável;
 - Fases constituintes, com indicação de predominância, quando aplicável;
 - Morfologia (continuidade, orientação, distribuição, forma e tamanho das fases ou dos eventuais defeitos que podem aparecer na microestrutura), quando aplicável;
 - Dureza, com determinação dos locais de medição, método, e das faixas admissíveis.
-

2.3 - Sanidade Interna:

Será estabelecido um processo de fundição que seja capaz de produzir peças com menos de 10% de porosidade interna de contração (vazios internos) em qualquer secção transversal da peça.

A verificação disso será feita por inspeção radiográfica no estágio de desenvolvimento do processo.

Esses vazios de contração não deverão estar presentes em áreas onde alguma usinagem subsequente, previamente conhecida, revele visualmente os defeitos.

Alguma quantidade limitada de outros tipos de defeitos internos, incluindo bolhas de gás, partículas de escória, inclusões não metálicas ou porosidade poderá ser encontrada.

Se esses defeitos impossibilitarem a utilização da peça, métodos de inspeção e limites de aceitação deverão ser estabelecidos mediante acordo mútuo.

3. Qualidade Superficial:

Os microfundidos não deverão conter juntas frias, emendas, trincas visuais ou rechupes visuais.

No caso de peças fabricadas em ligas magnetizáveis, um exame por partículas magnéticas deverá ser feito no estágio de desenvolvimento do processo para assegurar que o processo de fundição é capaz de produzir peças que atenderão à exigência de funcionalidade do produto.

- Defeitos Positivos (defeitos em alto relevo):

Devido à natureza do processo de microfusão, defeitos positivos poderão ser encontrados aleatoriamente.

A não ser que seja mutuamente acordado de outra forma, a ocorrência destes positivos estará limitada a não mais do que um defeito por área de 25 x 25 mm, desde que não interfiram com a funcionalidade do produto.

Defeitos que serão removidos por usinagem posterior serão considerados aceitáveis.

- Defeitos Negativos (poros visuais):

Defeitos negativos também podem ocorrer aleatoriamente.

A não ser que seja mutuamente acordado de outra forma, a ocorrência destes negativos estará limitada a não mais do que um defeito por área de 25 x 25 mm desde que não interfiram com a funcionalidade do produto.

- Cantos arredondados (incompletos):

Os cantos das peças microfundidas poderão estar arredondados com raios de até 0,50 mm.

Raios menores devem ser mutuamente acordados.

4. Desempenho Funcional:

Desempenho é uma característica ligada não só à qualidade do produto, mas também ao seu projeto e à forma de utilização.

A exigência de padrões de desempenho mínimo para as peças não é cabível, uma vez que este desempenho não é sempre previsível através da determinação de suas características químicas, físicas ou geométricas.

O compromisso estará limitado às propriedades químicas, físicas e características geométricas da peça, dentro de limites viáveis, quantificados e avaliáveis.

Exemplos:

- Máxima usinabilidade poderá ser relacionada com dureza, composição química e microestrutura.
 - Exigência de resistência a corrosão em determinadas condições poderá ser relacionada com a composição química, estrutura, tratamentos térmicos e superficiais.
 - Resistência ao desgaste vale o mesmo princípio: características superficiais, composição química, dureza e microestrutura.
-

DIFERENCIAL COMPETITIVO - FUPRESA

RECURSOS TÉCNICOS E TECNOLÓGICOS UTILIZADOS PARA A OBTENÇÃO DA “QUALIDADE EXTRA” NO MICROFUNDIDO PRODUZIDO PELA FUPRESA

1. Injeção:

- Injeção de cera pastosa, em injetoras importadas de última geração tecnológica, com controle total sob as variáveis críticas do processo de injeção;
 - Moldes de injeção, fabricados em duralumínio, tratados termicamente, refrigerados e com extração automática dos modelos em cera;
 - Gabaritos mecânicos para segurança dimensional durante o processo de resfriamento dos modelos injetados;
 - Manutenção preventiva, rigorosa e sistemática, dos moldes de injeção;
 - Cartas de controle para monitoramento das características dimensionais críticas – CEP;
 - Temperatura ambiente rigorosamente controlada.
-

2. Moldagem:

- Todas as características críticas do processo monitoradas mediante a utilização de cartas de controle – CEP;
- A partir da 3º camada de lama/refratário, aplicação das mesmas mediante utilização de 3 sistemas mecânicos para manipulação dos moldes, com comando através de CLP, para garantia da robustez do processo de moldagem;
- Secagem química a cada ciclo de aplicação da camada de lama/refratário;
- Sistema supervisorio das condições de temperatura e umidade ambientes – CEP.

3. Deceragem:

- Extração da cera através de autoclaves abastecidas por vapor gerado em caldeira a gás com monitoramento permanente dos tempos de enchimento e descarga das câmaras das autoclaves - CEP.

4. Calcinação:

- Queima completa do resíduo de cera, em câmara aquecida a gás, com atmosfera oxidante;
 - Sistema supervisorio das temperaturas, nas diferentes zonas de passagem do forno contínuo – CEP.
-

5. Fusão do metal e preenchimento do molde pelo processo CGP:

- Preenchimento do molde com metal líquido mediante utilização do processo de aspiração ou contragravidade – CGP que permite a utilização de temperaturas do metal líquido inferiores às utilizadas no processo convencional (por gravidade);
- Menor oxidação do metal líquido com menor formação de escória e de gases;
- Aspiração do metal líquido abaixo da linha de escória;
- Obtenção de paredes com espessura extrafina no microfundido assim como a mais perfeita e completa reprodução de detalhes geométricos.

6. Suporte ao desenvolvimento do processo de fabricação:

- Disponibilidade interna de ensaio com partículas magnéticas para detecção de descontinuidades superficiais – Magnaflux;
- Disponibilidade interna de ensaio com raio-x para avaliação de sanidade interna;
- Disponibilidade de moderno e completo laboratório químico-metalúrgico.

7. Suporte à Engenharia de Produto do cliente (CO-DESIGN)

- Proposição de alternativas sofisticadas e economicamente viáveis com maior agilidade na interface entre Engenharias.
-

Composição Química das Ligas Microfundidas

1. Aços carbono e de baixa liga:

Liga:	%C	%Mn	%Si	%Ni	%Cr	%Mo	%P max.	%S max.
IC 1010	0,05-0,15	0,30-0,60	0,40-0,80	-	-	-	0,04	0,04
IC 1020	0,15-0,25	0,20-0,60	0,20-0,60	-	-	-	0,040	0,045
IC 1030	0,25-0,35	0,70-1,00	0,20-0,60	-	-	-	0,040	0,045
IC 1040	0,35-0,45	0,70-1,00	0,20-1,00	-	-	-	0,040	0,045
IC 1045	0,40-0,50	0,70-1,00	0,20-1,00	-	-	-	0,040	0,045
IC 1050	0,45-0,55	0,70-1,00	0,20-1,00	-	-	-	0,040	0,045
IC 1060	0,55-0,65	0,60-0,90	0,20-1,00	-	-	-	0,040	0,045
IC 1090	0,85-0,95	0,60-0,90	0,20-1,00	-	-	-	0,040	0,045
IC 3120	0,15-0,25	0,60-0,80	0,20-0,80	1,10-1,40	0,55-0,75	-	0,040	0,040
IC 4130	0,25-0,35	0,40-0,70	0,20-0,80	-	0,80-1,10	0,15-0,20	0,040	0,040
IC 4140	0,35-0,45	0,70-1,00	0,20-0,80	-	0,80-1,10	0,15-0,25	0,040	0,040
IC 4150	0,45-0,55	0,75-1,00	0,20-0,80	-	0,80-1,10	0,15-0,25	0,040	0,040
IC 4330	0,28-0,36	0,60-1,00	0,20-0,80	1,65-2,00	0,65-1,00	0,30-0,45	0,040	0,040
IC 4340	0,36-0,44	0,60-0,90	0,20-0,80	1,65-2,00	0,70-0,90	0,20-0,30	0,025	0,025
IC 4620	0,15-0,25	0,40-0,70	0,20-0,80	1,65-2,00	-	0,70-1,00	0,040	0,045
IC 6120	0,15-0,25	0,70-0,90	0,20-0,80	-	0,70-1,00	-	0,040	0,040
IC 6150	0,45-0,55	0,65-0,95	0,20-0,80	-	0,80-1,10	-	0,040	0,045
IC 8620	0,15-0,25	0,65-0,95	0,20-0,80	0,40-0,70	0,40-0,70	0,15-0,25	0,040	0,045
IC 8630	0,25-0,35	0,65-0,95	0,20-0,80	0,40-0,70	0,40-0,70	0,15-0,25	0,040	0,045
IC 8640	0,35-0,45	0,70-1,05	0,20-0,80	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	0,040	0,040
IC 8665	0,60-0,70	0,70-1,05	0,20-0,80	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	0,040	0,040
IC 8730	0,25-0,35	0,70-0,90	0,20-0,80	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,30	0,040	0,040
IC 8740	0,35-0,45	0,75-1,00	0,20-0,80	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	0,040	0,040
IC52100	0,95-1,10	0,25-0,55	0,20-0,80	-	1,30-1,60	-	0,040	0,045

2. Aços ferramenta (*)

Liga:	%C	%Mn	%Si	%Cr	%Mo	%W	%V	Outros
CA-2	0,95- 1,05	0,75 max.	1,50 max.	4,75- 5,50	0,90- 1,40	-	0,20- 0,50	
CA-6	0,65- 0,75	1,80- 2,20	1,00 max.	0,80- 1,20	0,80- 1,30	-	-	
CD-2	1,4-1,6	1,00 max.	1,50 max	11,00- 13,00	0,70- 1,20	-	0,40- 1,00	
CD-3	2,10- 2,30	0,75 max.	1,00 max.	11,50- 13,0	0,40 max.	-	-	
CD-6	2,10- 2,35	0,75 max.	0,80- 1,20	11,50- 13,00	0,40 max.	0,80- 1,20	-	
CD-7	2,15- 2,45	0,75 max.	1,00 max.	11,50- 13,00	0,80- 1,20	-	3,50- 4,50	
CH-11	0,30- 0,40	0,75 max.	0,95- 1,15	4,60- 5,40	1,20- 1,60	-	0,30- 0,50	
CH-12	0,30- 0,40	0,75 max.	1,50 max.	4,75- 5,75	1,25- 1,75	1,00- 1,70	0,20- 0,50	
CH-13	0,30- 0,42	0,75 max.	1,50 max.	4,75- 5,75	1,25- 1,75	-	0,75- 1,20	
CM-2	0,78- 0,88	0,75 max.	1,00 max.	3,75- 4,50	4,50- 5,50	5,50- 6,75	1,25- 2,20	0,25 Ni
CM-4	1,25- 1,35	0,75 max.	1,00 max.	3,75- 4,50	4,50- 5,50	5,20- 6,20	3,60- 4,40	
CO-1	0,85- 1,00	1,00- 3,00	1,50 max	0,40- 1,00	-	0,40- 0,60	0,30 max.	
CO-2	0,85- 0,95	1,50- 1,80	1,00 max.	0,40 max	0,30 max	-	0,30 max	
CO-7	1,10- 1,20	0,75 max.	1,00 max.	0,50- 0,70	-	1,65- 1,85	0,15- 0,24	
CS-1	0,45- 0,55	0,75 max.	1,00 max.	1,35- 1,65	-	2,35- 2,65	-	
CS-2	0,45- 0,55	0,75 max	0,90- 1,20	-	0,40- 0,60	-	0,30 max	
CS-5	0,50- 0,65	0,60- 1,00	1,75- 2,25	0,35 max	0,20- 0,80	-	0,35 max	
CS-7	0,50- 0,60	0,50- 0,80	1,00 max.	3,00- 3,50	1,20- 1,60	-	-	
CT-1	0,65- 0,75	0,75 max.	1,00 max.	3,75- 4,50	-	17,75- 18,25	0,90- 1,30	
CT-2	0,80- 0,90	0,75 max.	1,00 max.	3,75- 4,50	1,00 max	17,50- 19,00	1,80- 2,40	
CT-6	0,75- 0,85	0,75 max	1,00 max.	4,00- 4,75	0,70- 1,00	18,50- 21,25	1,50- 2,10	

(*) Os teores de P e S deverão ser de até 0,025% de cada elemento, a não ser que seja especificado de outra forma.

3. Aços Inoxidáveis: Ferríticos, Martensíticos e Endurecíveis por precipitação.

Liga:	%C	%Mn	%Si	%P max.	%S	%Ni	%Cr	%Mo	Cu	Outros
CA-15 (410)	0,05- 0,15	1,00 max	1,50 max	0,040	0,04 max	1,00 max	11,50- 14,00	0,50 max	-	
IC- 416 (416)	0,15 max	1,25 max	1,50 max	0,050	0,15- 0,35	0,50 max	11,50- 14,00	0,50 max	0,50 max	0,10- 0,30Se em lugar de S e 0,5 Zr max
CA-40 (420)	0,20- 0,40	1,00 max	1,50 max	0,040	0,040	1,00 max	11,50- 14,00	0,50 max	-	
IC 431 (431)	0,08- 0,15	1,00 max	1,00 max	0,040	0,040	1,50- 2,20	15,00- 17,00	-	-	N: 0,03- 0,12 C+N: 0,22 max
IC 440A (440A)	0,60- 0,75	1,00 max	1,00 max	0,040	0,030	-	16,00- 18,00	0,75 max	-	
IC 440C (440C)	0,95- 1,20	1,00 max	1,00 max	0,040	0,15- 0,35	0,75 max	16,00- 18,00	0,35- 0,75	-	
IC 440F (440F)	0,95- 1,20	1,00 max	1,00 max	0,040	0,045	0,50 max	16,00- 18,00	0,75 max	0,50 max	0,10- 0,30Se em lugar de S
IC 17- 4 PH (17-4 PH)	0,060 max	0,70 max	0,50- 1,00	0,040	0,030	3,60- 4,60	15,50- 16,70	-	2,80- 3,50	Nb+Ta: 0,15-0,40 , N:0,05

4. Aços Inoxidáveis Austeníticos

Liga:	%C	%Mn	%Si	%P max.	%S	%Ni	%Cr	%Mo	Cu	Outros
CF-20 (302)	0,20 max	1,50 max	2,00 max	0,040	0,040	8,00- 11,00	18,00- 21,00	-	-	
CF-16F (303)	0,16 max	1,50 max	2,00 max	0,040	(*)	9,00- 12,00	18,00- 21,00	0,40- 0,80	-	(*) ou 0,2- 0,35 Se ou 0,20-0,40 S
CF-8 (304)	0,08 max	1,50 max	2,00 max	0,040	0,040	8,00- 11,00	18,00- 21,00	-	-	
CF-3 (304L)	0,03 max	1,50 max	2,00 max	0,040	0,040	8,00- 12,00	17,00 21,00	-	-	
CK-20 (310)	0,20 max	2,00 max	2,00 max	0,040	0,040	19,00- 22,00	23,00- 27,00	-	-	
CF-8M (316)	0,08 max	1,50 max	2,00 max	0,040	0,040	9,00- 12,00	18,00- 21,00	2,00- 3,00	-	
IC 316-F	0,08 max	1,50 max	2,00 max	0,040	0,040	9,00- 12,0	18,00- 21,00	2,00- 3,00	-	(*) ou 0,2- 0,35 Se ou 0,20-0,40 S
IC 321 (321)	0,08 max	2,00 max	1,00 max	0,040	0,030	9,00- 12,0	17,00- 19,00	-	-	Ti min.: 5 x %C
CF-8C (347)	0,08 max	1,50 max	2,00 max	0,040	0,040	9,00- 12,00	18,00- 21,00	-	-	Nb: 8 x %C - 1,00
CN-7M	0,07 max	1,50 max	1,50 max	0,040	0,040	27,5- 30,5	19,00- 22,00	2,00- 3,00	3,00- 4,00	
HK	0,20- 0,60	2,00 max	2,00 max	0,040	0,040	18,00- 22,00	24,00- 28,00	0,50 max	-	

Observação: Total de elementos residuais, no máximo, 1%

Propriedades Mecânicas

1. Aços Carbono e de Baixa Liga

Liga:	Condição	Limite de resistência Kg/mm ²	Limite de escoamento Kg/mm ²	Alongamento %	Dureza (faixa ou máxima)
IC 1010	Recozido	35 - 42	21 - 25	30 - 35	55 Rb
IC 1020	Recozido	42 - 49	28 - 32	25 - 35	75 Rb
IC 1030	Recozido	45 - 53	32 - 35	20 - 30	75 Rb
	Temperado	60 - 105	42 - 105	0 - 15	20 - 50 Rc
IC 1045	Recozido	56 - 63	35 - 42	20 - 25	100 Rb
	Temperado	70 - 126	63 - 126	0 - 10	25 - 57 Rc
IC 1050	Recozido	63 - 77	35 - 45	20 - 25	100 Rb
	Temperado	87 - 126	70 - 126	0 - 10	30 - 60 Rc
IC 1060	Recozido	70 - 84	38 - 49	12 - 20	25 Rc
	Temperado	84 - 140	70 - 126	0 - 5	30 - 60 Rc
IC 1090	Recozido	77 - 105	49 - 56	5 - 10	30 Rc
	Temperado	91 - 126	91 - 126	0 - 3	37 - 50 Rc
IC 3120	Recozido	-	-	-	100 Rb
	Temperado	-	-	-	-
IC 4130	Recozido	-	-	-	100 Rb
	Temperado	91 - 119	70 - 91	5 - 20	23 - 49 Rc
IC 4140	Recozido	-	-	-	100 Rb
	Temperado	91 - 140	70 - 108	5 - 20	29 - 57 Rc
IC 4150	Recozido	-	-	-	100 Rb
	Temperado	98 - 140	84 - 126	5 - 10	25 - 58 Rc
IC 4330	Recozido	-	-	-	20 Rc
	Temperado	91 - 133	70 - 122	5 - 20	25 - 48 Rc
IC 4340	Recozido	-	-	-	20 Rc
	Temperado	91 - 140	70 - 126	5 - 20	20 - 55 Rc
IC 4620	Recozido	-	-	-	100 Rb
	Temperado	77 - 105	63 - 91	10 - 20	20 - 32 Rc
IC 6120	Recozido	-	-	-	100 Rb
	Temperado	-	-	-	-
IC 6150	Recozido	-	-	-	100 Rb
	Temperado	98 - 140	84 - 126	5 - 10	30 - 60 Rc
IC 8620	Recozido	-	-	-	100 Rb
	Temperado	70 - 91	56 - 77	10 - 20	20 - 45 Rc
IC 8630	Recozido	-	-	-	100 Rb
	Temperado	84 - 119	70 - 91	7 - 20	25 - 50 Rc
IC 8640	Recozido	-	-	-	20 Rc
	Temperado	91 - 140	70 - 126	5 - 20	30 - 60 Rc
IC 8665	Recozido	-	-	-	25 Rc
	Temperado	119 - 154	98 - 140	0 - 10	-
IC 8730	Recozido	-	-	-	100 Rb
	Temperado	84 - 119	77 - 105	7 - 20	-
IC 8740	Recozido	-	-	-	100 Rb
	Temperado	98 - 140	84 - 126	5 - 10	30 - 60 Rc
IC 52100	Recozido	-	-	-	25 Rc
	Temperado	126 - 161	98 - 126	1 - 7	30 - 65 Rc

2. Aços inoxidáveis: Ferríticos, Martensíticos e Endurecíveis por precipitação.

Liga:	Condição	Limite de resistência Kg/mm2	Limite de escoamento Kg/mm2	Alongamento %	Dureza (faixa ou máxima)
CA-15 (410)	Recozido	-	-	-	100 Rb
	Temperado	67 - 140	52 - 112	5 - 12	94 Rb - 45 Rc
IC-416 (416)	Recozido	-	-	-	100 Rb
	Temperado	67 - 140	52 - 112	3 - 8	94 Rb - 45 Rc
CA-40 (420)	Recozido	-	-	-	25 Rc
	Temperado	140 - 157	90 - 145	0 - 5	30 - 52 Rc
IC 431 (431)	Recozido	-	-	-	30 Rc
	Temperado	77 - 112	52 - 73	5 - 20	20 - 40 Rc
IC 440A (440A)	Recozido	-	-	-	30 Rc
	Temperado	-	-	-	35 - 56 Rc
IC 440C (440C)	Recozido	-	-	-	35 Rc
	Temperado	-	-	-	40 - 60 Rc
IC 440F (440F)	Recozido	-	-	-	35 Rc
	Temperado	-	-	-	40 - 60 Rc
IC 17-4 PH (17-4 PH)	Recozido	-	-	-	36 Rc
	Temperado	105 - 132	98 - 112	6 - 20	34 - 44 Rc

3. Aços Inoxidáveis Austeníticos

Liga:	Condição	Limite de resistência Kg/mm2	Limite de escoamento Kg/mm2	Alongamento %	Dureza (faixa ou máxima)
CF-20 (302)	Solubilizado	45 - 52	21 - 24	35 - 60	90 Rb
CF-16F (303)	Solubilizado	45 - 52	21 - 24	35 - 45	90 Rb
CF-8 (304)	Solubilizado	49 - 59	28 - 35	30 - 50	90 Rb
CF-3 (304L)	Solubilizado	49 - 59	28 - 35	35 - 50	90 Rb
CK-20 (310)	Solubilizado	42 - 52	21 - 28	35 - 45	90 Rb
CF-8M (316)	Solubilizado	49 - 59	28 - 35	35 - 50	90 Rb
IC 316-F	Solubilizado	49 - 59	28 - 35	35 - 50	90 Rb
IC 321 (321)	Solubilizado	45 - 52	21 - 28	35 - 45	90 Rb
CF-8C (347)	Solubilizado	49 - 59	22 - 25	30 - 40	90 Rb
CN-7M	Solubilizado	45 - 52	18 - 24	35 - 45	90 Rb
HK	Solubilizado	45 - 52	24 - 31	10 - 20	100 Rb

TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS, ESTADOS DE SUPERFÍCIE E ADICIONAIS PARA USINAGEM

*livre tradução

1. Definição e âmbito de validade

1.1 A microfusão é um processo onde são fabricadas peças fundidas de alta qualidade superficial e com precisão dimensional através da fundição primária. Os modelos produzidos através da modelação por injeção serão derretidos depois da fabricação dos moldes cerâmicos. As formas cerâmicas serão destruídas após a fundição. Por isso fala-se de "perdidos" tanto para os modelos quanto para os moldes. Na maioria das vezes funde-se com moldes quentes.

1.2 - Metais e as ligas com base de ferro, alumínio, níquel, cobalto, titânio, cobre e magnésio, serão fundidos em cera perdida. Conforme o tipo de liga será fundido abertamente ao ar, sob gás de proteção ou no vácuo.

1.3 - O folheto de instrução não é válido para os metais nobres, para produtos da indústria de joalheria e para os laboratórios de próteses dentárias, que serão fundidos de acordo com os processos de derretimento de cera, e também não para a fundição de plástico.

2. Finalidade

2.1- Este folheto de instrução define as tolerâncias dimensionais, cita adicionais para usinagem e rugosidades superficiais, que correspondem ao estado da técnica de fundição em cera perdida. Ele serve como base para uma melhor cooperação econômica entre os produtores de fundição em cera perdida e os compradores de fundição em cera perdida.

2.2- Os dados técnicos citados aqui se referem às superfícies jateadas, tratados para proteção e tratamento em banho químico, no estado de fornecimento. Exceções devem ser acordadas quando se tratar de processos de trabalho que modificam as tolerâncias dimensionais.

2.3- Quando nada diferente for acordado, amostras iniciais serão fornecidas no primeiro pedido. Elas servem para entendimentos objetivos de ambas as partes. As amostras iniciais devem ser verificadas pelo comprador. Depois da verificação, a fundição deve ser informada por escrito da liberação para a fabricação seriada. Desvios que forem aceitos com a liberação ou com diagnóstico de qualidade da amostra inicial devem ser obrigatoriamente assumidas nos desenhos (de peças fundidas) para a fabricação.

3. Precisão dimensional

3.1 - Diminuição e encolhimento

Pela lei da natureza existem contrações volumétricas através da diminuição e encolhimento no endurecimento e resfriamento dos metais fundidos.

Outras influências na produção de fundido em cera perdida também resultam da diminuição dos modelos perdidos e pela dilatação dos moldes de fundição ao serem aquecidos. Na fabricação de moldes de injeção a soma destas influências será observada respectivamente nas dimensões desta diminuição.

São valores experimentais que dependem do contorno da peça fundida, da cerâmica do molde e do material fundido, porém também das técnicas de fabricação especial das sequências individuais de fundição em cera perdida.

3.2 Planos de referência e pontos de referência (ver DIN - caderno de normas 7)

Nas peças fundidas é necessário que os desenhos sejam dimensionados sistematicamente com planos de referência e pontos de referência (conforme figura 1), para que os controles dimensionais e os processamentos subsequentes coincidam. Estes planos e pontos de referência já devem ser definidos pelo construtor junto com o fundidor em cera perdida. A posição zero dos planos de referência será definida exatamente através das dimensões dos pontos de referência.

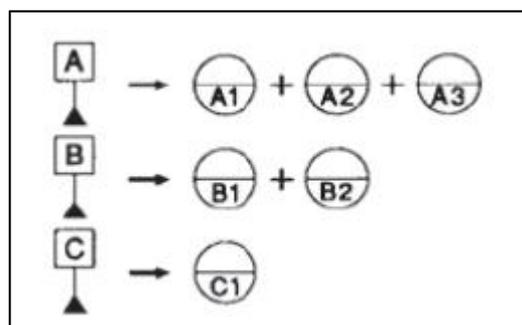


Figura 1. Plano de referência → Pontos de referência

O plano de referência primário "A" será fixado através de três pontos A1, A2, e A3. Ele deve corresponder à grande superfície da peça fundida, conforme figura 2.

O plano de referência secundário "B" tem os dois pontos de referência 81 e 82 que devem ser dispostos na medida do possível sobre o eixo longitudinal, conforme figura 2.

O plano de referência terciário "C" somente tem um ponto de referência C1, que deve se situar no meio da peça fundida ou na sua proximidade, conforme figura 2.

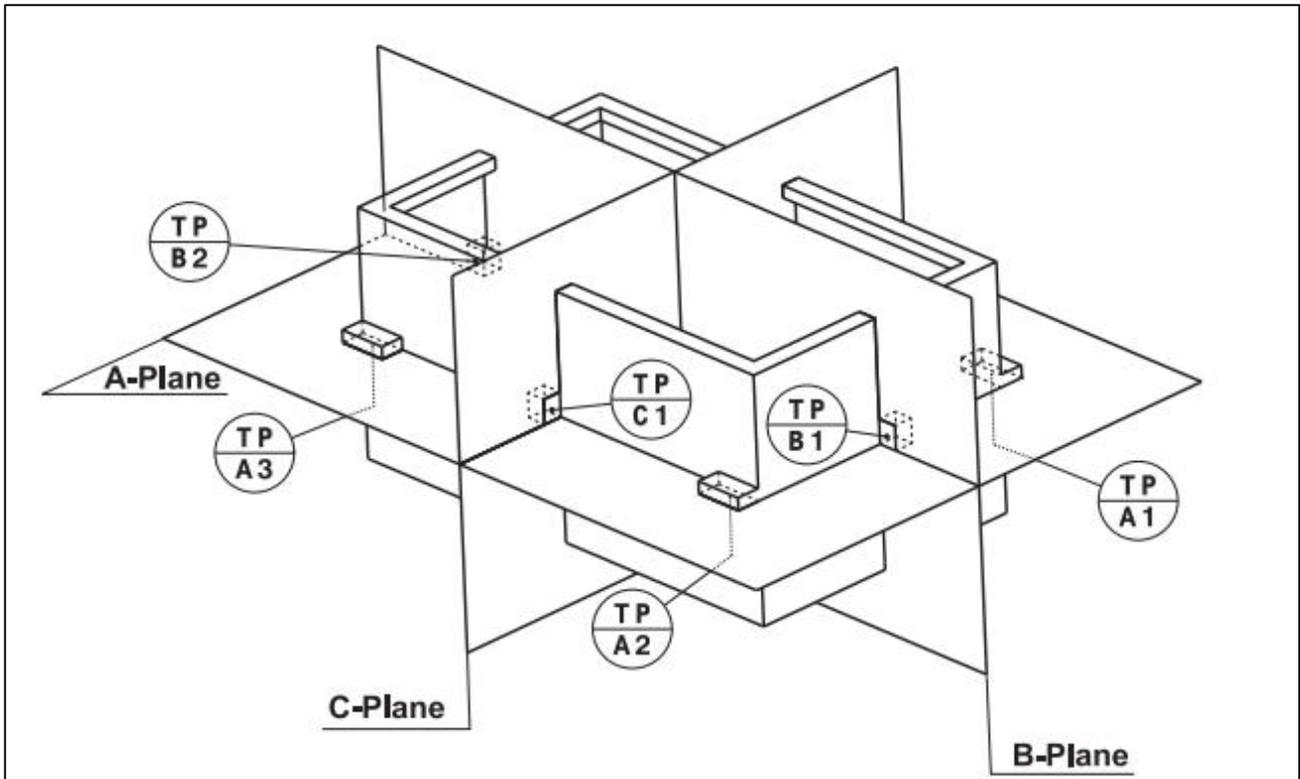


Figura 2.

Os planos de referência são colocados através do eixo de simetria da peça fundida. Todos os pontos de referência são dispostos de maneira que os processamentos subsequentes não sejam removidos ou modificados. Os pontos de referência devem situar-se nas superfícies externas da peça fundida. Eles também podem ser desenvolvidos como superfícies elevadas ou aprofundadas.

Pontos de referência elevados são vantajosos em algumas peças fundidas com tolerâncias de forma e de posição limitada. Na determinação dos pontos de referência deve ser observado para que estas posições não recaiam em uma área de vazamento do Fundido.

Desta maneira nas formas difíceis a peça fundida pode ser posicionada exatamente no ponto de admissão, através de uma usinagem (previa).

3.3 Inclinações de forma e extração

Inclinações de forma e de extração não são em geral necessárias. Exceções originadas de necessidades técnicas de forma e de fundição devem ser acordadas entre o fornecedor de fundido em cera perdida e o comprador.

4. Tolerâncias dimensionais

4.1 Tolerâncias dimensionais lineares

Tolerâncias dimensionais alcançáveis em peças de fundição dependem dos seguintes fatores:

- Material fundido
- Dimensões e forma da peça fundida

4.1.1 Material fundido

A distribuição dos campos de tolerância das diferentes características dos materiais influencia na fabricação. Por isso também são válidas as seguintes séries de tolerâncias da tabela 1 para os diferentes grupos de materiais:

Grupo de material D:

Ligas com base de ferro, níquel, cobalto e cobre – Grau de Precisão D1 a D3.

4.1.2 Validade do grau de precisão

O grau de precisão 1 vale para todas as dimensões livres.

O grau de precisão 2 e 3 valem para as dimensões acompanhadas de tolerâncias.

O grau de precisão 4 e 5 somente podem ser obtidos nas dimensões individuais e devem ser acordados com a FUPRESA, uma vez que são necessárias operações premium.

Tabela 1. Tolerâncias lineares

Faixa de dimensão nominal (mm)	D1	D2	D3	* D4	* D5
	Campo	Campo	Campo	Campo	Campo
Até 6	0,30	0,24	0,20	0,14	0,10
De 6 a 10	0,36	0,25	0,22	0,16	0,11
De 10 a 18	0,44	0,34	0,28	0,20	0,14
De 18 a 30	0,52	0,40	0,34	0,24	0,17
De 30 a 50	0,80	0,62	0,50	0,35	0,25
De 50 a 80	0,90	0,74	0,60	0,42	0,30
De 80 a 120	1,10	0,88	0,70	0,49	0,35
De 120 a 180	1,50	1,30	1,0	0,70	0,50
De 180 a 250	2,40	1,90	1,5	1,05	0,75
De 250 a 315	2,60	2,20	1,6	-	-

* Sob consulta.

4.1.3 Posição do campo de tolerância

A posição do campo de tolerância em relação à dimensão nominal é de livre escolha. Vantajoso é colocar o campo de tolerância em torno da dimensão nominal. Nas superfícies que serão usinadas deve ser observada a soma ou a diferença do campo de tolerância e o adicional de usinagem (ver item 6).

4.2 Tolerâncias de forma e de posição

As tolerâncias de forma e de posição restringem os desvios do elemento moldado da sua

- forma
- direção ou do seu
- local

teoricamente precisos independentemente da dimensão efetiva do elemento moldado.

As tolerâncias de forma e de posição pressupõem que os planos de referência e os pontos de referência (ver item 3.2) sejam definidos com o auxílio da norma DIN ISO 1101.

Se as tolerâncias de forma e de posição forem definidas no pedido, elas devem ser indicadas individualmente de acordo com as Tabelas 2a – d.

Tabela 2a. Tolerâncias de forma e de posição
Retidão, forma linear

Faixa de dimensão nominal (mm)	D1	D2	D3
	Campo	Campo	Campo
Até 6	0,15	0,12	0,10
De 6 a 10	0,18	0,14	0,12
De 10 a 18	0,25	0,20	0,15
De 18 a 30	0,30	0,25	0,20
De 30 a 50	0,40	0,35	0,25
De 50 a 80	0,60	0,45	0,30
De 80 a 120	0,80	0,60	0,45
De 120 a 180	1,10	0,80	0,60
De 180 a 250	1,50	1,15	0,90
De 250 a 315	1,90	1,40	1,20
De 315 a 400	2,40	1,80	1,50
De 400 a 500	3,00	2,20	1,80

Tabela 2b. Tolerâncias de forma e de posição: Planicidade, forma superficial, circularidade

Faixa de dimensão nominal (mm)	D1	D2	D3
	Campo	Campo	Campo
Até 6	0,20	0,15	0,12
De 6 a 10	0,25	0,20	0,15
De 10 a 18	0,40	0,30	0,20
De 18 a 30	0,50	0,40	0,30
De 30 a 50	0,60	0,50	0,40
De 50 a 80	0,80	0,65	0,50
De 80 a 120	1,00	0,80	0,65
De 120 a 180	1,30	1,10	0,85
De 180 a 250	1,80	1,50	1,20
De 250 a 315	2,30	1,80	1,50
De 315 a 400	2,90	2,30	1,85
De 400 a 500	3,40	2,80	2,20

Tabela 2c. Tolerâncias de forma e de posição - Paralelismo, Simetria

Faixa de dimensão nominal (mm)	D1	D2	D3
	Campo	Campo	Campo
Até 6	0,25	0,20	0,15
De 6 a 10	0,30	0,25	0,20
De 10 a 18	0,40	0,30	0,25
De 18 a 30	0,50	0,40	0,30
De 30 a 50	0,70	0,60	0,50
De 50 a 80	1,00	0,80	0,65
De 80 a 120	1,30	1,10	0,90
De 120 a 180	1,80	1,50	1,20
De 180 a 250	2,50	2,00	1,60
De 250 a 315	3,15	2,60	2,00
De 315 a 400	3,80	3,20	2,50
De 400 a 500	4,40	3,80	3,20

Tabela 2d. Tolerâncias de forma e de posição - Coaxialidade, Cilindricidade

Faixa de dimensão nominal (mm)	D1	D2	D3
	Campo	Campo	Campo
Até 6	0,30	0,25	0,20
De 6 a 10	0,35	0,30	0,25
De 10 a 18	0,50	0,40	0,30
De 18 a 30	0,60	0,50	0,40
De 30 a 50	0,80	0,60	0,50
De 50 a 80	1,10	0,80	0,60
De 80 a 120	1,30	1,00	0,80
De 120 a 180	1,80	1,40	1,10
De 180 a 250	2,40	1,90	1,60
De 250 a 315	3,00	2,50	2,00
De 315 a 400	3,80	3,20	2,50
De 400 a 500	4,40	3,70	3,00

Estão disponíveis os três graus de precisão. Um aumento da despesa de fabricação está associado com o aumento do grau de precisão. O grau de precisão 3 somente pode ser observado nas dimensões individuais e deve ser acordado com o fundidor em cera perdida, uma vez que são necessários passos adicionais de fabricação, assim como também correções dispendiosas de ferramentas.

Tolerâncias de forma e de posição divergentes ou não contidas nas tabelas 2 a-d devem ser acordadas entre o comprador e o fundidor - em cera perdida e registradas no desenho de acordo com a norma DIN ISO 1101.

4.3 Tolerâncias angulares

Tabela 3: Tolerâncias Angulares

Faixa de dimensão nominal ⁽¹⁾	Precisão					
	1		2		3	
	Desvio de direção admissível					
	Ângulo minuto	mm cada 100 mm	Ângulo minuto	mm cada 100 mm	Ângulo minuto	mm cada 100 mm
Até 30 mm	30 ⁽²⁾	0,87	30 ⁽²⁾	0,87	20 ⁽²⁾	0,58
De 30mm a 100mm	30 ⁽²⁾	0,87	20 ⁽²⁾	0,58	15 ⁽²⁾	0,44
De 100mm a 200mm	30 ⁽²⁾	0,87	15 ⁽²⁾	0,44	10 ⁽²⁾	0,29
Acima de 200mm	20 ⁽²⁾	0,87	15 ⁽²⁾	0,44	10 ⁽²⁾	0,29

(1) O comprimento do lado menor é padrão para uma faixa de dimensão nominal.

(2) O ângulo pode desviar-se nas duas direções

As tolerâncias angulares diferentes da tabela 3 devem ser acordadas com o fundidor em cera perdida e registradas no desenho de acordo com a norma DIN ISO 1101.

4.4 Raio de Curvatura

Faixa de dimensão nominal ⁽¹⁾	Grau de Precisão		
	1	2	3
Até 5 mm	± 0,30	± 0,20	± 0,15
De 5mm a 10mm	± 0,45	± 0,35	± 0,25
De 10mm a 120mm	± 0,70	± 0,50	± 0,40
Mais de 120mm	Linear (vide tabela 1)		

Raios de curvatura diferentes dos da tabela 4 devem ser acordados com o fundidor em cera perdida.

4.5 Tolerâncias dimensionais para espessuras de parede

As tolerâncias de espessuras de parede dependem de:

- do tamanho das paredes do molde de fundição reproduzida (parede de cerâmica).
- das suas superfícies interrompidas
- das suas possíveis distorções térmicas
- da compressão isostática do metal fluído.

Por isso as tolerâncias das espessuras de parede não dependem do grau de precisão. Elas são limitadas (ou diminuídas) pelas seções de bordas, interrupções (aberturas, furos), barras, aletas e similares fundidas junto, através do qual a espessura da parede é "exigida".

A respectiva faixa de tolerância que entra em questão deve ser obtida da tabela 5. Dentro dela está anotada a tolerância de espessura de parede padrão para o menor comprimento lateral de uma superfície por grupo de material.

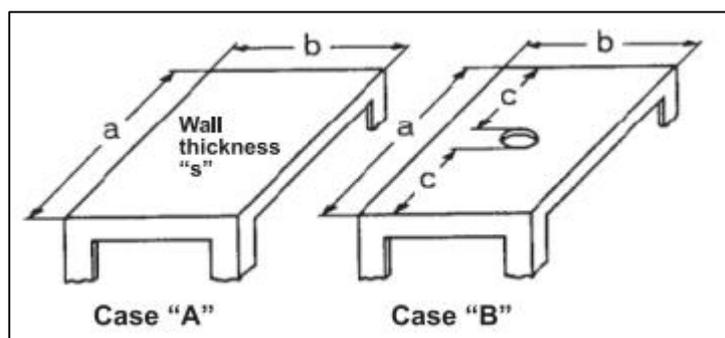


Figura 3. Wall thickness = espessura da parede

Caso A: a superfície formada pelas dimensões a e b não é interrompida. A dimensão b é menor que a dimensão a. A dimensão b determina a tolerância da espessura da parede, conforme figura 3.

Caso B: a superfície formada pelas dimensões a e b é interrompida por um furo central. A superfície não interrompida então será formada pelas dimensões b e c. A dimensão c é menor que a dimensão b. A dimensão c determina a tolerância da espessura da parede prevista, conforme figura 3.

Tabela 5. Tolerâncias de espessura de parede

Menor comprimento lateral de uma superfície (figura 3) (mm)	Tolerância de espessura – Ligas de Fe
Até 50	± 0,25
De 50 a 100	± 0,30
De 100 a 180	± 0,40
De 180 a 315	± 0,50
Mais de 315	± 0,60

5. Qualidade superficial

Ra ou Rz (CLA) de acordo com a tabela 5 deve ser usado para superfícies fundidas.

Tabela 6. Rugosidade de superfícies

Superfícies normais	CLA (µinches)	Ra (µm)	Rz (µm)
N7	63	1,6	8
N8	125	3,2	12
N9	250	6,3	25

Faixa N 7, N 8 e tratamentos especiais de superfícies devem ser acordados especialmente e registradas nos desenhos de acordo com a norma DIN ISO 1302.

Quando nada diferente for acordado, a versão jateada N9 é válida para a condição de fornecimento.

6. Adicionais para a usinagem

As dimensões de ajuste de superfícies ou rugosidades superficiais menores que não podem ser obtidas através da fundição em cera perdida, possuem adicionais para a usinagem. A dimensão adicional deve considerar a característica específica do material e a posição não favorável calculada dentro da faixa de tolerância, inclusive as tolerâncias de forma e de posição.

7. Indicações complementares e dados

7.1 Raios internos

Raios em cantos internos (cavidades) evitam as falhas de fundição e diminuem as concentrações de tensões na peça fundida ao ser usada.

O raio mínimo deve ter aproximadamente 20 % da maior espessura de parede. Contudo não menor que 0,5 mm. O valor desejado é um raio interno que corresponda no mínimo à menor espessura de parede.

7.2 Raios externos e chanfro externo

Peças fundidas em cera perdida não têm cantos vivos com $R=0$. Por isso os raios externos e chanfros externos devem ser sempre indicados como raios máximos, por exemplo $R < 0,5 \text{ max}$.

7.3 Furos, furos cegos, canais, ranhuras e fendas

Para junto poder fundir vantajosamente furos passantes, furos cegos, canais, ranhuras e fendas, ou seja sem poder fundir junto núcleos cerâmicos pré-moldados, os valores citados nas tabelas 6 e 7 devem ser considerados.

Tabela 7. Dimensões para furos, furos cegos e canais

Diâmetro ou entre outros d (mm)	Maior comprimento ou profundidade	
	Passante (l)	Cego (t)
2 a 4	~ 1 x d	~ 0,6 x d
4 a 6	~ 2 x d	~ 1,0 x d
6 a 10	~ 3 x d	~ 1,6 x d
Mais de 10	~ 4 x d	~ 2,0 x d

Tabela 8. Dimensões para ranhuras e fendas

Largura b (mm)	Maior profundidade em baixo	
	aberto (l)	fechado (t)
2 a 4	~ 1 x b	~ 1,0 x b
4 a 6	~ 2 x b	~ 1,0 x b
6 a 10	~ 3 x b	~ 1,6 x b
Mais de 10	~ 4 x b	~ 2,0 x b

7.4 Identificação das peças fundidas

Se as peças fundidas forem identificadas, o tamanho da escrita (de acordo com a norma DIN 1451 "meio") e a posição na peça fundida devem ser acordados. A folha de instrução VDG P 701 "Identificação de peças fundidas" deve ser usada analogamente. As identificações podem ser fundidas em relevo ou em profundidade, preferencialmente em relevo sobre um fundo aprofundado. O tipo e modo de identificação do fornecedor serão definidos, se não houver qualquer especificação no desenho para isso.