



MANUAL TÉCNICO DE VENDAS

PARTE I - AÇO

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO
Avenida Indianópolis, 3288 CEP 04062 São Paulo
Telefone (011) 578-7322 - Telex 1124847 IBFF BR

**Regras e dados
de projeto**

1

**Especificações
de materiais**

2

**Tolerâncias
dimensionais**

3

**Práticas
de desenhos**

4

**Considerações
gerais**

5



REGRAS E DADOS DE PROJETO

Regras e dados de projeto

Generalidades	1
Mínima espessura de peça fundida	1
Mudança na espessura de seção	1
Concentração de calor	2
Projeto de nervuras de reforço	5
Aberturas de peças feitas por macho	7
Saída de ferramenta	7
Sobremetal de usinagem	8
Concentração de tensão	8
Projeto para máxima resistência	10
Variações dimensionais	13
Acabamento de usinagem	13
Sugestões para projetos não categorizados	14
Métodos de moldagem	16
Possíveis exceções	17
A regra final	17

Generalidades

Dado que o processo de fundição permite ao projetista prover de metal os lugares onde ele é necessário e nas quantidades apropriadas para as exigências do serviço, as regras que governam o projeto de fundição de peças de aço devem ser claramente entendidas. Elas são fixadas em leis bem conhecidas da Termodinâmica que se aplicam à transição do estado líquido ao sólido, podendo ser citadas com autoridade completa.

Deve ser dada ênfase ao fato de que uma peça fundida em aço deve ser projetada com conhecimento das leis (regras) básicas envolvidas.

Mínima espessura de peças fundidas

A mínima espessura para peças fundidas é normalmente dada com 1/4". Esse valor de espessura se aplica a seções de até 12" de comprimento, mas, devem ser aumentadas para seções maiores. A figura 1, ao lado, demonstra os valores aceitáveis de mínima espessura para seções de vários comprimentos. Técnicas especiais de fundição podem permitir a fundição de peças com partes mais finas que as mostradas (figura 1) mas, partes mais finas devem ser especificadas, apenas, depois de consultar um especialista em fundição.

Mudança na espessura de seção

Variação na espessura de seção deve ser gradual.

A Figura 2 mostra vários projetos de mudança de espessura de seção em peças fundidas.

A Figura 2 mostra as seguintes regras:

Regra A: Ângulos de entradas repentinas ou junção de raios pequenos não são recomendáveis. (Figura 2A e 2B)

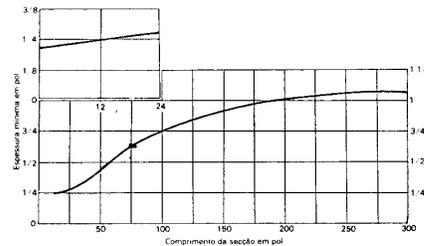
Figura 2



Regra B: Um projeto razoável resulta se ambas as seções têm linha central comum e que sejam juntos através de um ângulo de cunha entre os lados de 15° ou através de um raio de 1" ou mais (Figura 2C e 2D).

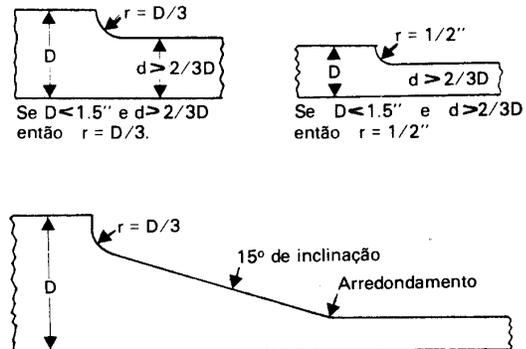
Qualidade, confiabilidade em uso, resistência e durabilidade das peças fundidas sendo desenvolvidas no projeto e não durante a fundição. (na prática). Esse fato básico é mantido como prioridade na apresentação seguinte das "Regras de fácil utilização no projeto de peças fundidas". Inclui também, dados e exemplos para ilustrar regras de projetos aplicáveis à numerosos tipos de fundidos.

Figura 1



Regra C: O melhor projeto é aquele no qual a mudança de seção se encontra inteiramente ao longo de um lado de seção fina (Figura 2E e 2F) e na qual a junção é projetada de acordo com a Figura 3.

Figura 3



Se $D > 1.5"$ e $d < 2D/3$, então $r = D/3$ com inclinação de 15° entre as duas seções.
Exemplo: $d = 1/2"$, $D = 2"$, $r = D/3 = 2/3 = 0.7"$.

Seções cilíndricas de diâmetros diferentes podem ser projetados sob um eixo comum com certas limitações.

As seguintes regras devem ser usadas:

d = diâmetro de seção menor

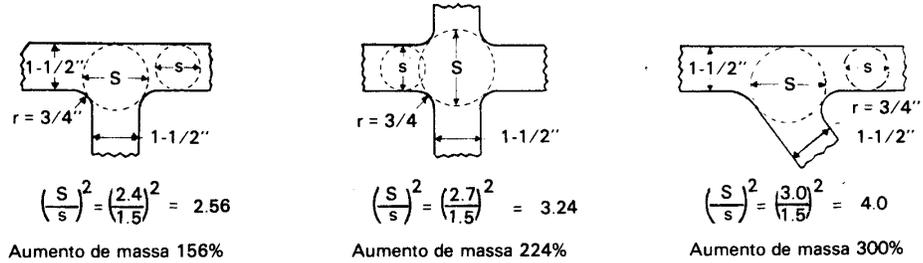
D = diâmetro de seção maior

Regra A - $d \leq 1''$ $D \leq 1 5/8''$ - unir através de ângulo cônico de 15°

Regra B - $d > 1''$ $D > 2''$ - unir com junção com raio de $1/2''$ a $1 1/2''$.

Regra C - $d \leq 1/2''$ $D > 1 5/8''$ - não se junta.

Figura 4



Concentração de calor

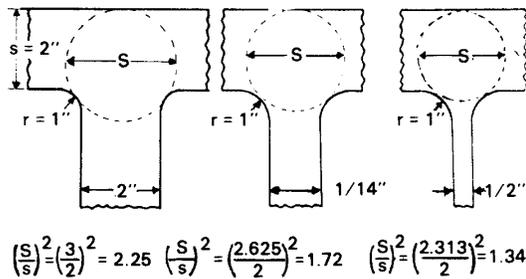
O aumento de massa numa junta pode ser estimado através do método do círculo inscrito, mostrado na Figura 4.

A regra geral é que o aumento na massa $(S/s)^2$ na junta deve ser o menor possível (nervuras e ressaltos pela sua altura limitada possuem um "efeito de perda de calor de ponta" e portanto constituem casos especiais). Vide figura 15 para projeto de nervura e figura 18 para ressaltos (Bosses).

Método 1

Projetar um dos membros da união de espessura menor possível. Vide Figura 5.

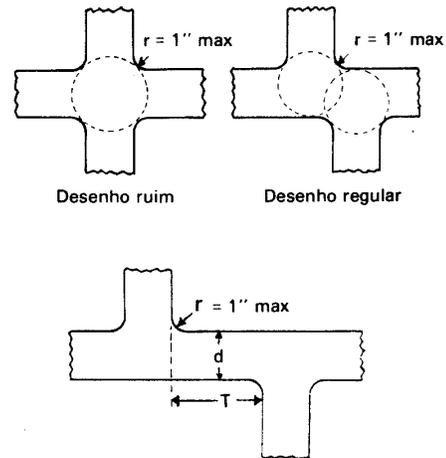
Figura 5



Método 2

Para junções Tipo X, desloca-se dois ramos de lados opostos como mostrado na Figura 6.

Figura 6



Junções em L

Quando duas seções se juntam num ângulo reto as seguintes regras se aplicam. Veja a Figura 7.

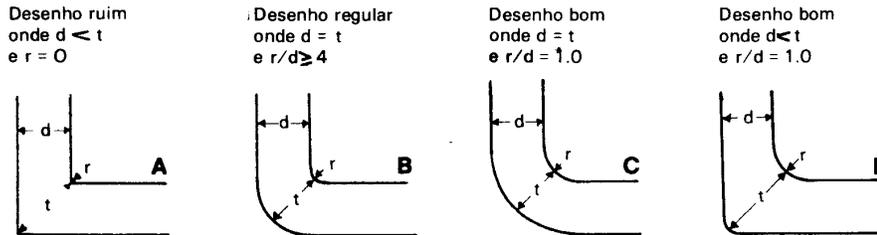
Regra A: Não se deve utilizar ângulos interiores agudos.

Regra B: O canto deve ter um raio de pelo menos 0,4 vezes a espessura da seção e preferivelmente, igual a espessura da seção.

Regra C: Se um canto externo (Ver Figura 7D) é utilizado, ele deve ter um raio de 0,1 a 0,2 vezes a espessura da seção. O desenho (D) viola essa regra à qual requer que o aumento de massa na junta seja mantida no mínimo. O comportamento térmico de um canto externo permite essa exceção à regra.

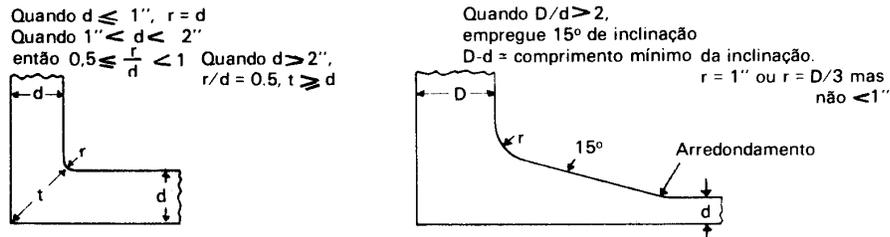
Regra D: O projeto normal (D) deve ser de acordo com a Figura 8

Figura 7



Nota: t = a espessura da seção da junção.

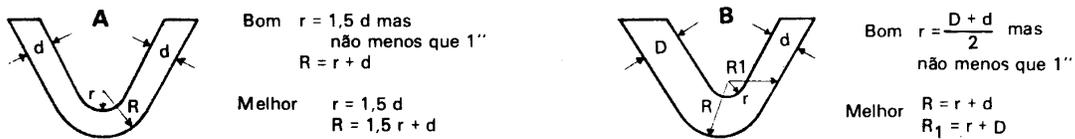
Figura 8



Junções em V

Junções em V devem ser projetadas de acordo com a Figura 9.

Figura 9



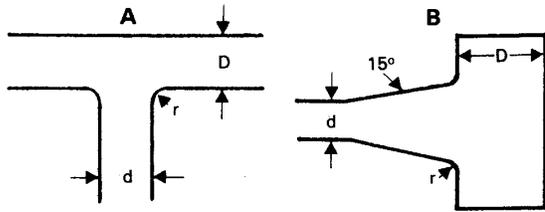
Junções em T

As regras básicas do projeto para junções em T são apresentadas na Figura 10. Página 1.4.

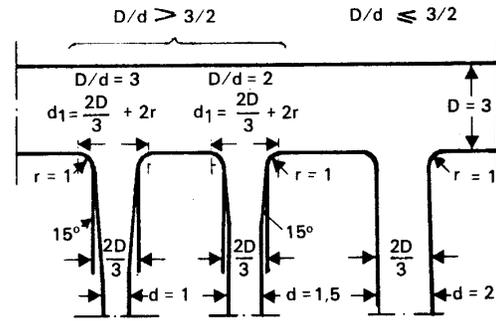
Outra regra é necessária. Se a espessura da flange é menor do que a da nervura, as seções não podem

ser juntadas de maneira alguma, não se pode eliminar os problemas de fundição resultantes dessa construção. Esse projeto é definitivamente não recomendável.

Figura 10



$r = d$ mas nunca menos 1/2" ou maior que 1"
 Se $D < 1,5d$; então, $r = d$ como mostrado no esboço A
 Se $D > 1,5d$; então, $r = d$ como mostrado no esboço B.
 Um gradiente de 15° para combinar com o raio

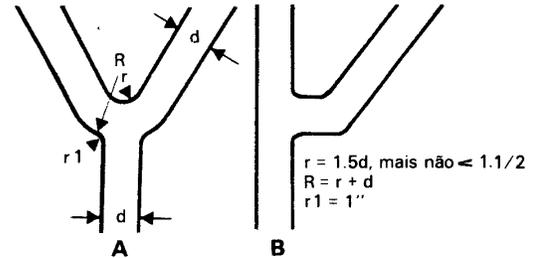


Junções em Y

Junções em Y são modificações de junções em T, mas Y's apresentam dificuldades de construção das quais podem ser minimizadas se as junções em Y puderem ser mudadas para formar T's como mostrado em (B) Figura 11.

Se é necessário usar junções Y, ela deve ser projetada de acordo com (A) Figura 11.

Figura 11



Junções em X

Junções em X são comuns em muitos projetos mas são especialmente difíceis de fundir com confiança e promovem concentrações de esforços os quais podem causar falhas.

Se as junções em X são necessárias os cantos internos devem ter um raio de 1". A prática do bom projeto, utiliza a flexibilidade do processo de fundição para eliminar as junções problemáticas, quando possível.

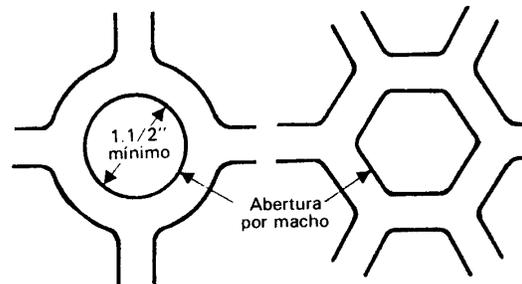
Eliminando as junções em X

Um método de eliminação das problemáticas junções em X, é o deslocamento das partes de uma seção para fazer duas seções em T. Isso foi demonstrado na Figura 6, página 1.2.

Outro método é o de "tirar o miolo da junção" como mostrado na Figura 12.

A junção em X é substituída por uma série de junções em Y e as regras de desenho da Figura 11 devem ser observadas para cada junção.

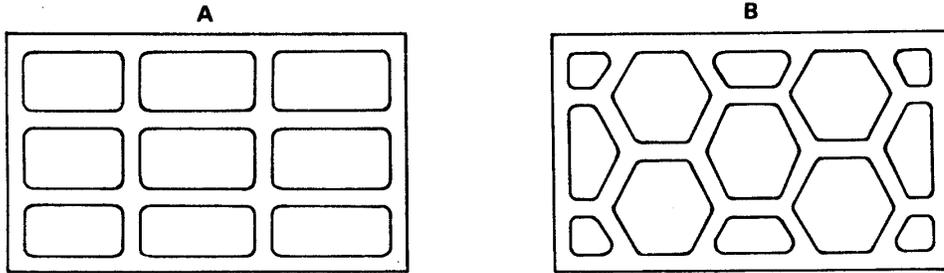
Figura 12



A aplicação prática da eliminação de junção em X na fundição comercial através de bons projetos de fundição é mostrado na Figura 13.

A Figura 13A mostra a grade projetada com um número de junções em X. A grade da Figura 13B funciona da mesma maneira mas utiliza junções em Y's ao invés de X's.

Figura 13

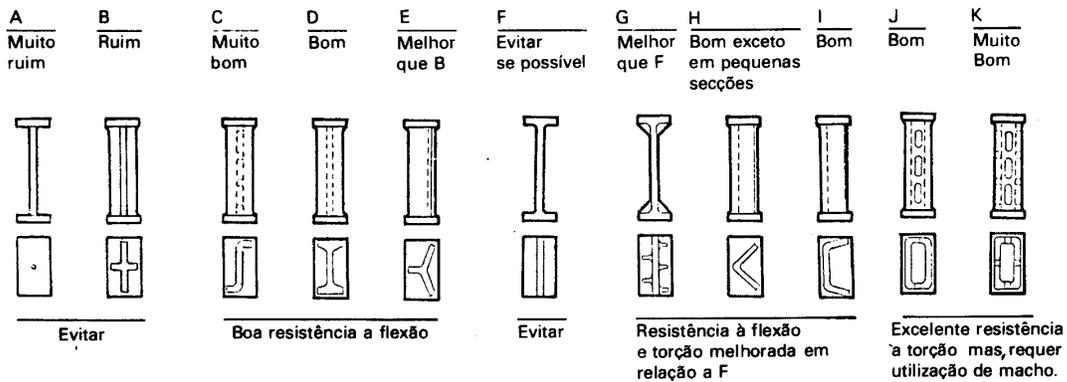


Nervuras entre duas paredes às vezes são projetadas utilizando uma seção transversal em X para um melhor módulo de seção (Figura 14B).

Alguns são tão bons ou melhores mecanicamente que as seções em X e, muito melhor, do ponto de vista do projeto em fundição.

A Figura 14 mostra alguns desenhos alternativos de nervuras.

Figura 14



Projeto de nervuras de reforço

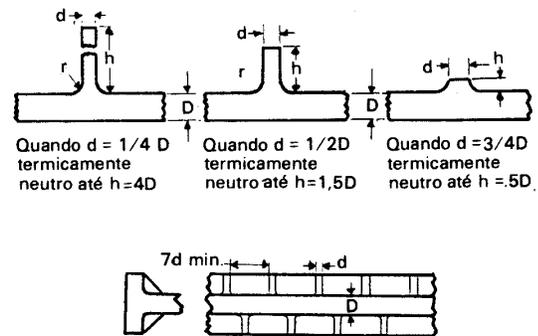
Membros de ligação, nervuras de ligação ou reforço, normalmente, juntam-se às paredes numa junção em T.

Como mostrado na Figura 5, as nervuras devem ser de espessura menor possível, de acordo com as outras exigências. Se ela é feita fina demais, no entanto, pode funcionar como uma aleta de resfriamento e perturbar o resfriamento da peça fundida.

A Figura 15 mostra o dimensionamento próprio de nervuras de seções maiores.

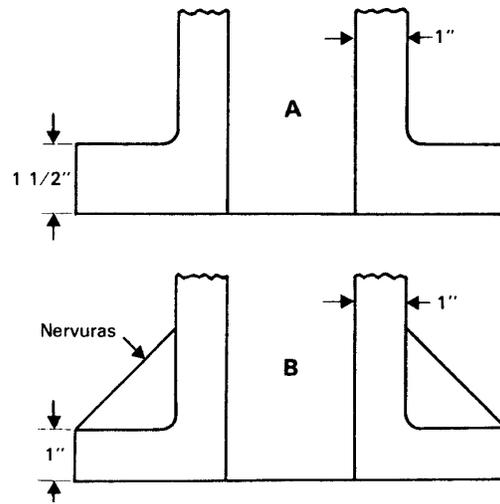
Nervuras devem ser deslocadas entre si, como mostra a Figura 15, para evitar junções em X.

Figura 15



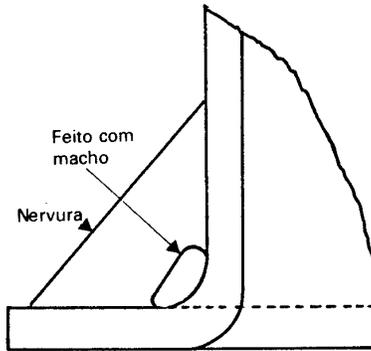
O uso comum de reforços angulares é mostrado na Figura 16. A flange de seção pesada "A" seria difícil de alimentar em alguns desenhos, no entanto ela é substituída como mostra "B" por uma seção mais fina e nervura de reforço são empregados.

Figura 16



A areia na junção da nervura, flange e corpo está sujeito a calor dos três lados. Para eliminar esse ponto de calor, um buraco vazado é usado como mostra a Figura 17.

Figura 17

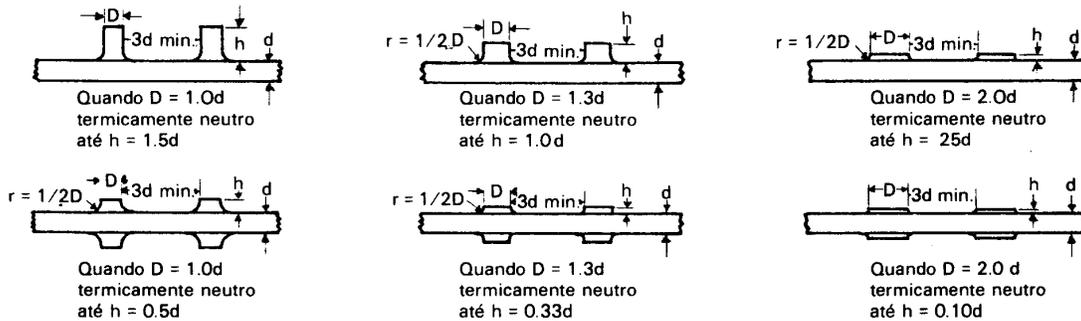


Ressaltos

Protuberâncias e saliências de pequena altura (finish pads) são formas especiais de junção em T. Figura 18 dá os desenhos próprios de protuberâncias.

Figura 18 - Desenho de protuberâncias, $r=1/2D$ em todos os casos.

Figura 18



Desenho de ressaltos, $r = 1/2D$ em todos os casos⁽¹⁾

Aberturas em peças feitas por macho

Machos são limitados em comprimento porque eles não podem quebrar e nem deformar na hora da fundição. Figura 19 indica os comprimentos de machos permitidos sob várias condições.

A segunda limitação na dimensão do macho é causada pela necessidade de removê-lo completamente da peça fundida, sem que ele tenha sinterizado. Isso coloca um valor mínimo no diâmetro dos machos para um dado projeto.

O gráfico abaixo (Figura 20) mostra os diâmetros mínimos para machos horizontais, suportados apenas nas extremidades dentro de seções cilíndricas ou de protuberâncias do molde.

Os diâmetros mínimos podem ser reduzidos 25% dos valores mostrados, se os machos estão posicionados verticalmente no molde.

O gráfico da direita (Figura 20) mostra o diâmetro mínimo do macho recomendado para seções de placa em peças fundidas em aço.

Figura 20

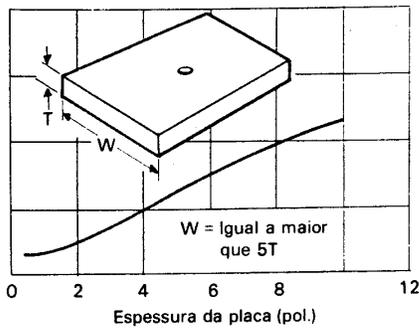
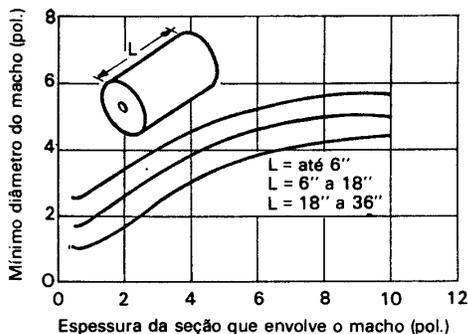
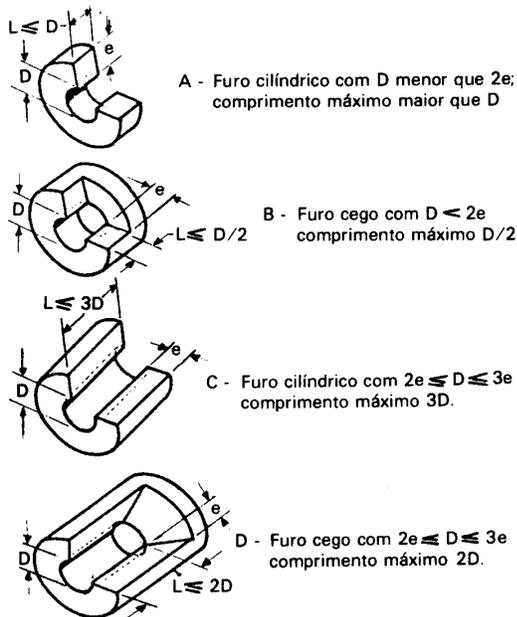


Figura 19



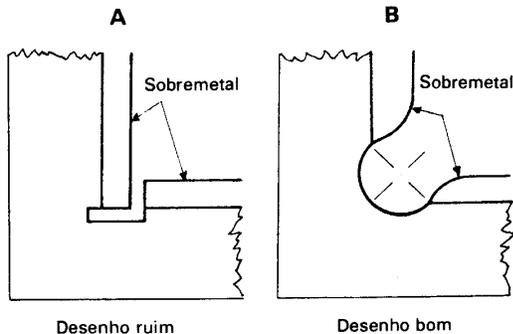
Saída de ferramenta

Quando for fundir prevendo saída de ferramenta de usinagem, o projetista deve tomar em conta as tolerâncias de usinagem e incluir detalhes os quais não exijam um macho fino. Os machos finos necessários para formar esses perfis são difíceis e às vezes, impossíveis de serem removidos das peças fundidas.

A Figura 21 mostra um projeto tendo um macho pequeno quase envolvido pelo material, o projeto preferido usa um macho maior, assim colocado, para facilitar a remoção.

O macho utilizado para produzir a saída de ferramenta para usinagem deve ser arredondado para não formar ângulos de entrada que concentram tensões. Nota-se a forma do macho apropriado na Figura 21 B.

Figura 21



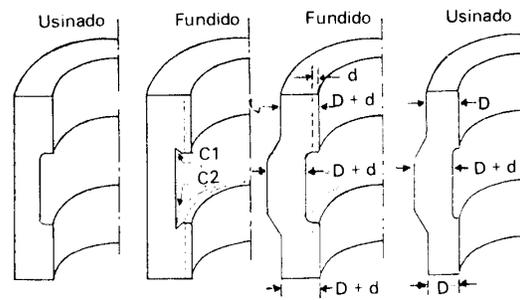
Sobremetal de usinagem

Sobremetal de usinagem deve ser detalhado no desenho parcial ou num desenho separado para assegurar material suficiente e eliminar qualquer dificuldade na fundição, devido as diferenças excessivas na espessura da seção.

Por exemplo: a peça fundida, usinada à esquerda na Figura 22 não é um projeto ideal, mas, quando os sobremetais de usinagem estão adicionados (próximo desenho) a diferença em espessura faz o projeto praticamente impossível, devido à grande concentração de tensão em C1 e C2. A seção poderia ser projetada como mostrado na figura a direita.

De qualquer forma as regras para mudança de seção se aplicam quando da adição do sobremetal da usinagem.

Figura 22



Concentração de Tensão

Fatores de concentração de tensão em peças fundidas podem ser encontrados em literaturas específicas, através de medidas fotoelásticas ou por métodos utilizando extensômetro.

Por exemplo: os fatores de concentração de tensão dados na tabela I para as junções de seções mostra-

das na figura 23 se aplicam para qualquer material, incluindo aço fundido.

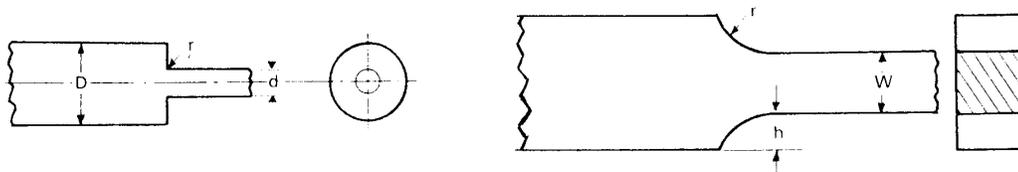
Tabela I mostra dados típicos.

Concentração de esforços em junções de cilindros e placas, quando submetidos à esforços de flexão, tração e torção.

Tabela I

Junção de dois cilindros, D/d = 2				Junção de duas placas				
r/d	Tipo de carga			r/w	Tipo de carga			
	Flexão	Torção K _t	Tração K _t		Flexão		Torção	
				h/r = 0,5	h/r = 3,5	h/r = 0,5	h/r = 3,5	
0,3	1,40	1,25	1,55	0,3	K _t 1,47	K _t 1,70	K _t 1,32	K _t 1,42
0,5	1,27	1,15	1,40	0,5	1,35	1,50	1,21	1,30
0,7	1,20	1,10	1,30	0,7	1,27	1,36	1,15	1,21
1,0	1,13	1,07	1,20	1,0	1,19	1,25	1,08	1,12

Figura 23



Relação da junção de dois cilindros (D/d) de 2:1

Junção de seções de placas

D	d	r
1	1/2	15º cônico
2	1	15º cônico*
4	2	1/2" a 1 1/2"

O processo de fundição tem a capacidade de produzir pequenos ou grandes raios e permite a reprodução exata dos cantos projetados. A Figura 24 mostra alguns projetos de cantos dos quais os fatores de concentração de esforços foram verificados através de modelo fotoelásticos. Os projetos foram fundidos em aço e os fatores de concentração de esforços foram determinados utilizando extensômetros tipo SR-4.

* Este é um caso especial não coberto especificamente pela regra da página 1

Tabela II mostra a concordância entre os fatores de concentração de esforços determinados utilizando o modelo fotoelástico e aquelas determinadas nos fundidos.

Tabela II

Fatores de concentração de tensão (K_t) das juntas L em aço fundido, determinado por:

Tipo de canto	Fotoelasticidade	Medida de deformação
1	1.21	1.17**
2	1.23	1.22
3	1.36	1.33***
4	1.58	1.60
5*	1.73	
6	2.03	

* Raio externo igual ao exemplo 4 mas com canto interno de 90°
 ** Projeto comparável numa seção de caixa de um valor K_t , valor de 1,37.
 *** Projeto comparável numa seção de caixa de um valor K_t , valor de 1,40.

Fatores de concentração de esforço para junções tipo L e T e para furos feitos com machos, são dados na Figura 25, 26 e 27. Esses fatores aplicam-se às formas mostradas, sejam fundidos ou feitos por qualquer outro processo.

Figura 24

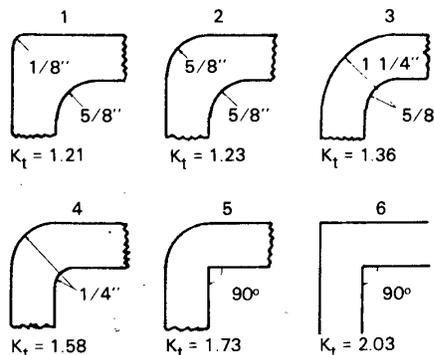


Figura 25

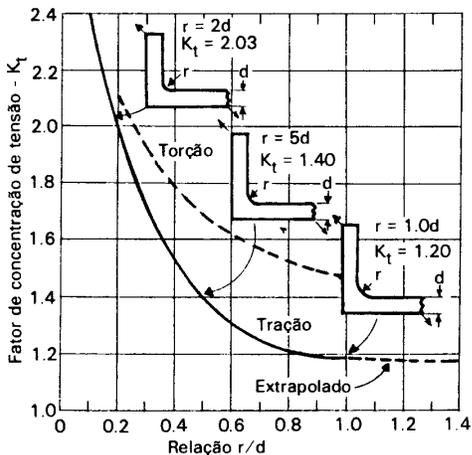


Figura 26

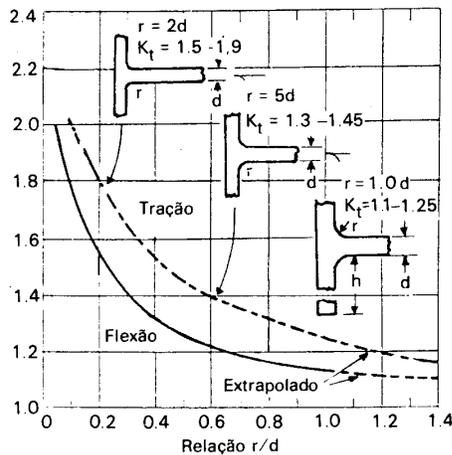
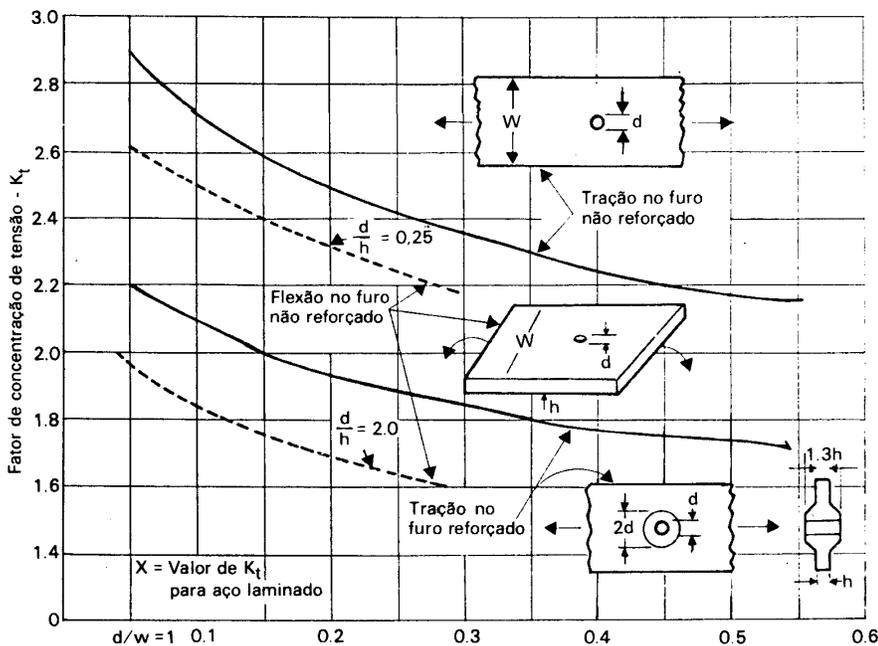


Figura 27



Projeto para máxima resistência

A flexibilidade do processo de fundição permite a projeção de seções para máxima resistência e/ou peso mínimo. Por exemplo: a alavanca (Figura 28) pode ser projetada em muitas formas diferentes.

Alguns têm uma aparência mais convencional que outras. As propriedades de resistência à carga dos projetos de alavanca, feitos graças ao processo de fundição, mostram algumas comparações interessantes com as propriedades dos desenhos mais familiares.

Tabela III - dá os dados pertinentes ao projeto para as diferentes formas de alavanca.

Figura 28 - compara as propriedades de seções fundidas de diferentes formas, e Figuras 29 e 30, as quais seguem, comparam as propriedades de seções de viga em I trefiladas com aqueles de peças fundidas.

Apesar de seção de viga em I laminado e a seção em I forjado serem reconhecidos como sendo proje-

tos (formas) muito eficientes a seção em I não se adapta bem ao processo de fundição.

Propriedade da seção I podem ser igualadas facilmente pela seção C, fundida e pela seção em Ω (Omega) como mostrado na Figura 29 e 30. ABCD, não precisam de maior espaço que as seções laminadas e forjadas.

Tipo	Momento de inércia (pol. ⁴)		Módulo de seção (pol. ³)		Tensão máxima para 21.000 LB de carga
	I _x	I _y	S _x	S _y	
A - Oval	2.9	1.2	1.9	1.2	100.000
B - Perfil	12.1	1.9	5.5	1.4	34.000
C - Perfil C	10.5	1.3	4.8	0.7	39.000
D - Caixa	11.2	4.6	5.1	3.4	37.000
E - Perfil U	9.1	6.2	4.2	5.0	44.000

Tabela III - Dados de projeto para diferentes formas de alavanca

Figura 28

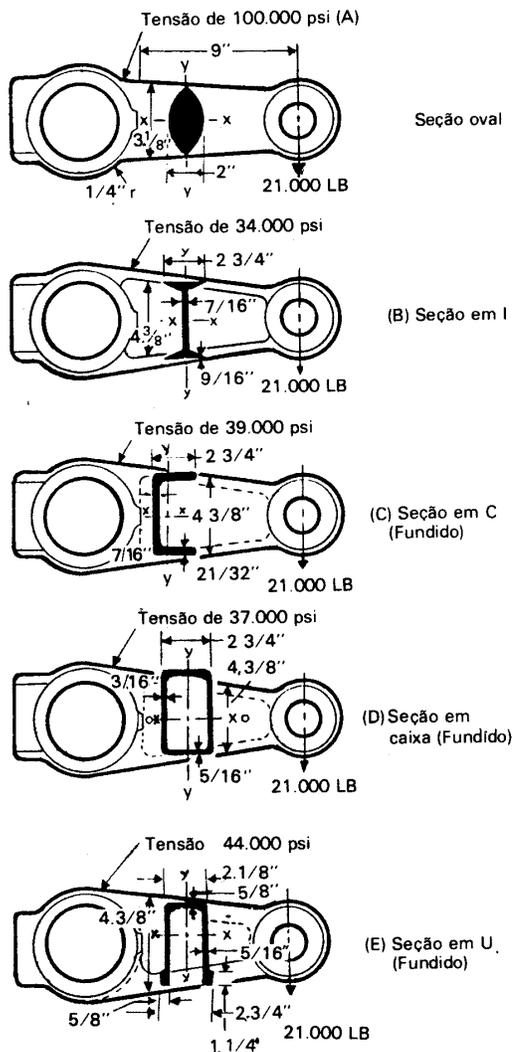
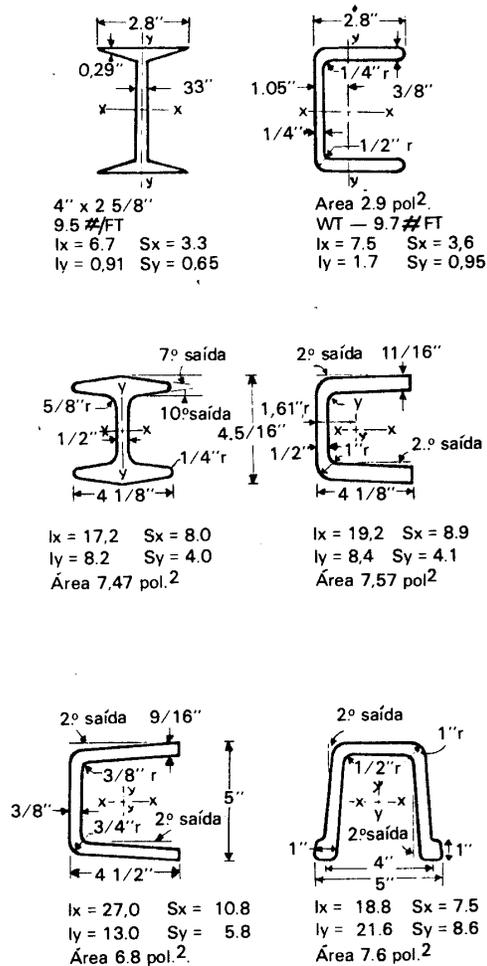


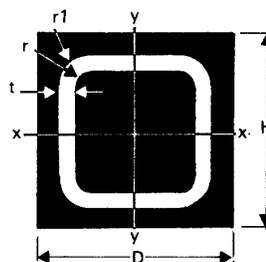
Figura 29



Nota-se que através do aumento da seção em C por apenas frações de uma "polegada", grandes aumentos nos momentos de inércia e módulo da seção podem ser obtidos.

Dado que uma variedade infinita de seções são possíveis, os livros técnicos referentes ao assunto poucas vezes dão as propriedades da seção. As propriedades podem ser calculadas para qualquer projeto sob consideração e através da aplicação das equações usuais da teoria elástica. Por conveniência, tabela IV, ABCD, dão as propriedades de seção para várias seções fundidas, freqüentemente utilizadas.

Figura 30 A



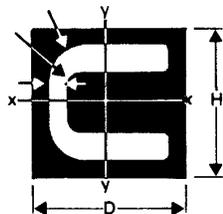
Seção tubular X e Y X e Y na linha de centro

Tabela IV-A

D	H	Dimensões (pol.)			Eixo X*			Eixo Y*			Área pol. ²	Peso por pol.
		t	r	r ₁	I	S	R	I	S	R		
1	1	3/14	3/14	3/8	.06	.12	.35	.06	.12	.35	.48	.13
2	2	3/14	3/14	3/8	.63	.63	.71	.63	.63	.71	1.3	.35
3	3	1/4	1/4	1/2	3.3	2.2	1.1	3.3	2.2	1.1	2.5	.71
4	4	1/4	1/4	1/2	9.0	4.5	1.6	9.0	4.5	1.6	3.5	.93
4	6	1/4	1/4	1/2	23.5	7.8	2.3	12.0	6.0	1.6	4.6	1.3
4	8	1/4	1/4	1/2	46.1	11.8	2.9	15.2	7.6	1.6	5.6	1.6
6	6	1/4	1/4	1/2	30.6	10.2	2.3	30.6	10.2	2.3	5.6	1.6
4	5	3/8	3/8	3/4	18.2	7.3	1.8	13.0	6.5	1.5	5.8	1.6
5	6	3/8	3/8	3/4	35.5	10.8	2.2	27.8	11.1	1.9	7.4	2.1
6	8	3/8	3/8	3/4	90.0	22.5	3.0	60.0	20.0	2.5	9.8	2.7
4	4	1/2	1/2	1	12.2	6.0	1.4	12.1	6.0	1.4	6.4	1.8
4	6	1/2	1/2	1	35.3	11.8	2.0	18.0	9.0	1.4	8.5	2.4
4	8	1/2	1/2	1	74.8	18.7	2.7	24.3	19.2	1.5	10.4	2.9
6	6	1/2	1/2	1	49.2	16.4	2.2	49.2	16.4	2.2	10.8	3.0

I = Momento de inércia S = Módulo de seção R = Raio de rotação
 * Propriedades preliminares sujeitas à correção.

Figura 30 B



Seção C

Eixo X na linha de centro
Eixo Y como dado

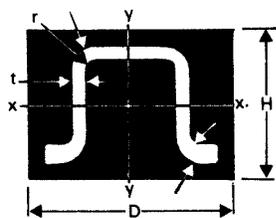
Tabela IV-B

D	H	Dimensões (pol.)					Eixo X*			Eixo Y*			a pol.	Área pol. ²	Peso por pol.
		t	r ₁	r	r ₁	r ₁	I pol. ⁴	S pol. ³	R pol.	I pol. ⁴	S pol. ³	R pol.			
1	1/2	1/15	9/32	1/16	3/8	.02	.05	.23	.02	.07	.23	.23	.37	.10	
2	1	1/16	9/32	3/14	3/8	.37	.37	.65	.06	.09	.26	.39	.87	.24	
3	2	1/4	3/8	1/4	1/2	2.9	1.9	1.2	.62	.52	.55	.80	2.05	.57	
4	2	1/4	3/8	1/4	1/2	5.3	2.7	1.5	.66	.51	.53	.70	2.32	.65	
4	4	1/4	3/8	1/4	1/2	1.03	5.2	1.7	5.3	2.2	1.2	1.61	3.79	1.1	
4	6	1/4	3/8	1/4	1/2	27.0	9.0	2.5	5.7	2.3	1.1	1.48	4.47	1.25	
6	6	1/4	3/8	1/4	1/2	38.0	12.7	2.6	18.2	5.0	1.8	2.35	5.80	1.60	
5	6	3/8	9/16	3/8	3/4	34.0	13.6	2.1	28.5	9.1	1.9	2.85	7.80	2.2	
4	4	1/2	3/4	1/2	1	15.2	7.6	1.5	7.8	3.5	1.1	1.77	7.2	2.0	
4	6	1/2	3/4	1/2	1	43.0	14.3	2.3	9.2	3.8	1.1	1.6	8.5	2.5	
4	8	1/2	3/4	1/2	1	85.6	21.4	3.1	8.6	3.3	.9	1.43	9.2	2.6	
6	6	1/2	3/4	1/2	1	63.1	21.0	2.4	33.1	9.4	1.7	2.5	11.2	3.1	
6	9	1/2	3/4	1/2	1	92.0	30.6	2.5	82.5	15.7	2.4	3.78	14.8	4.1	

Propriedades de seções em aço fundido

I = Momento de inércia S = Módulo de seção R = Raio de rotação
 * Propriedades preliminares sujeitas à correção.

Figura 30 C



Seção Omega

Tabela IV-C

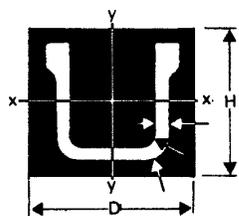
D	H	Dimensões (pol.)						Eixo X*			a pol.	Eixo Y*			Área pol. ²	Peso por pol.
		D ₁	t	t ₁	r	r ₁	I pol.	S pol. ³	R pol.	I pol. ⁴		S pol. ³	R pol.			
1	1	1 1/2	3 3/16	1/4	1/16	3/8	.06	.12	.35	.50	.09	.12	.42	.50	.14	
2	2	3	3/14	1/4	3/16	3/8	.59	.59	67	1.0	1.0	.67	.87	1.5	.37	
4	4	6	1/4	1/2	1/4	1/2	7.8	3.8	1.5	1.8	12.5	4.2	1.8	3.7	1.0	
4	6	6	1/4	1/2	1/4	1/2	13.5	5.4	1.8	2.9	14.8	4.9	1.9	4.7	1.3	
4	8	6	1/4	1/2	1/4	1/2	45.5	11.4	2.9	4.0	20.5	6.8	1.9	5.6	1.6	
6	6	9	1/4	1/2	1/4	1/2	30.2	10.1	2.3	3.1	47.1	10.5	2.8	5.8	1.6	
3	5	4 1/2	3/8	3/4	3/8	3/4	14.2	5.7	1.7	2.5	8.9	3.9	1.3	5.1	1.4	
4	4	6	3/8	3/4	3/8	3/4	10.0	5.0	1.4	1.9	17.3	5.8	1.8	5.1	1.4	
4	4	6	1/2	1	1/2	1	11.5	5.8	1.3	1.9	23.6	7.9	1.8	6.9	1.9	
4	6	6	1/2	1	1/2	1	34.5	11.5	2.0	3.0	30.4	10.1	1.8	9.0	2.5	
4	8	6	1/2	1	1/2	1	75.8	19.0	2.6	4.1	36.3	12.1	1.9	10.9	3.1	
5	5	7 1/2	1/2	1	1/2	1	24.5	9.8	1.7	2.5	46.0	12.3	2.3	8.5	2.4	
6	6	9	1/2	1	1/2	1	46.9	15.7	2.1	3.0	83.4	18.5	2.8	10.3	2.9	

Propriedades de seções em aço fundido

I = Momento de inércia S = Módulo de seção R = Raio de fofação

* Propriedades preliminares sujeitas à correção.

Figura 30 D



Seção U

Eixo X como dado
Eixo Y na linha de centro

Tabela IV-D

D	H	Dimensões (pol.)							Eixo X*			a pol.	Eixo Y*			Área pol. ²	Peso por pol.
		D ₁	t	t ₁	t ₂	h	r	r ₁	I pol. ⁴	S pol. ³	R pol.		I pol. ⁴	S pol. ³	R pol.		
1	1	13/16	3/16	3/16	9/32	3/8	3/16	3/8	.06	.12	.35	.50	.09	.12	.35	.50	.14
2	3	2 1/2	1/4	1/4	1/2	1/2	1/4	1/2	2.1	1.4	1.0	1.5	1.5	1.2	.85	2.1	5.9
3	4	3 1/2	1/4	1/4	1/2	3/4	1/4	1/2	5.1	2.6	1.3	1.8	5.0	2.9	1.3	3.1	.87
5	8	5 1/2	1/4	3/8	1/2	1	1/4	1/2	42.0	10.5	2.6	3.7	26.3	9.6	2.1	6.2	1.7
6	10	6 1/2	1/4	3/8	1/2	1	1/4	1/2	87.0	17.4	3.4	4.5	52.2	16.1	2.6	7.7	2.2
4	6	4 3/4	3/8	9/16	3/4	1	3/8	3/4	24.7	8.2	1.9	3.0	19.5	8.2	1.7	6.8	1.9
4	4	5	1/2	1/2	1	1	1/2	1	10.3	5.2	1.3	2.0	18.3	7.3	1.7	6.4	1.8
4	6	5	1/2	1/2	1	1	1/2	1	32.0	10.7	1.9	3.0	24.7	9.9	1.7	8.6	2.4
4	8	5	1/2	1/2	1	1	1/2	1	68.1	17.1	2.6	4.0	30.7	12.3	1.7	10.4	2.9
6	6	7	1/2	5/8	1	1 1/2	1/2	1	40.7	13.6	2.0	2.7	70.0	20.0	2.6	10.4	2.9

Propriedades de seções em aço fundido

I = Momento de inércia S = Módulo de seção R = Raio de rotação

* Propriedades preliminares sujeitas a correção.

Variações dimensionais

Um estudo das variações dimensionais em lotes de produção de peças fundidas representando 88 desenhos diferentes, resultou nos valores mostrados na Tabela V.

Elas são recomendadas como tolerâncias economicamente realistas para peças fundidas em aço, feitas, utilizando moldes em areia verde.

A tabela mostra a faixa normalmente esperada da variação de dimensões daqueles desenhos.

Tabela V

Tipo de modelo	0 - 3.0	3.1 - 7.0	7.1 - 20.0	20.1 - 100.0
Modelo e placa metálica	+1/32 —1/15	+3/32 —1/16	+1/8 —1/6	+1/8 —1/8
Modelo metálico e placa em madeira	+1/16 —1/16	+3/32 —3/32	+1/8 —3/32	+7/32 —1/8
Modelo e placa em madeira	+3/32 —1/16	+1/8 —3/32	+1/8 —3/32	+1/4 —5/32

Desvios dimensionais em peças de aço fundido Medidas em pol.

Tabela V mostra que as faixas de tolerância dimensional diminui com a melhoria do equipamento de moldagem usado para fazer os moldes.

Quanto mais preciso for o modelo, mais preciso será a peça fundida.

Em muitos casos, a faixa indicada pode ser reduzida se modificações do modelo são feitas depois das tolerâncias serem verificadas nas primeiras peças piloto fundidas.

Tabela VI dá dados referentes as variações nas aberturas feitas com machos em relação às dimensões originais para peças fundidas em quantidades de produção. Limitação de tolerância feita referente a uma peça fundida deve tomar em conta, a linha de separação do molde.

Valores recomendados são dados na Tabela VII e eles, devem ser adicionados àqueles mostrado na Tabela V. Essas tolerâncias são necessárias para qualquer tipo de equipamento de modelo (molde) já que elas dependem do tamanho e tipo das caixas de moldagem.

Acabamento de usinagem

A quantidade de material (metal) adicionado a uma peça fundida para razões de usinagem, depende do projeto da peça. Certas faces podem precisar de tolerâncias maiores que outras, dependendo da sua posição dentro do molde.

Um especialista em fundição pode dar informações referentes a essas tolerâncias.

Tabela VIII

Formas circulares		Furos		Formas planas	
Diâmetro do fundido em pol.	Sobremetal no raio externo em pol.	Diâmetro do furo em pol.	Sobremetal no raio do furo em pol.	Maior dimensão do fundido em pol.	Sobremetal em pol.
Até 18	1/4	Até 1	Cheio	Até 12	3/16
18 a 36	5/16	2 a 7	1/4	12 a 24	1/4
36 a 48	3/8	7 a 12	3/8	24 a 48	5/16
48 a 72	1/2	12 a 20	1/2	48 a 96	3/8
72 a 108	5/8	—	—	96 acima	1/2
108 acima*	3/4	—	—	—	—

* Sobremetals para fundidos, maiores que 15 pés devem ser determinados através de consultas ao fundidor.

Guia para sobremetal para fundidos

Estes sobremetals aplicam-se a pequenos lotes, e podem ser

Uma discussão mais completa sob o assunto se acha na seção referente a tolerâncias.

O projeto influencia fortemente as variações entre cada peça dentro de um lote de produção.

Essas variações podem ser reduzidas consideravelmente através de um projeto que leve em conta desde o começo, o processo de fundição. Consultas a um especialistas em fundição, ajudam a determinação de tolerâncias aceitáveis.

Essas tolerâncias adicionais podem ser esperadas de peça para peça (fundidos), tal como nas dimensões dos desenhos originais.

Tabela VI

0 - 2.0	2.1 - 10.0
+ 1/16 —1/32	+1/8 —3/32

Desvios normais em abertura feita por macho
Dimensões em pol.

Tabela VII

Dimensão do desenho (pol)	Tolerância na linha de partição do modelo (pol)
0 - 3.0	+ 1/64
3.1 - 7.0	+ 1/32
7.1 - 20.0	+ 3/64
20.1 acima	+ 1/16

Tolerâncias adicionais na linha de partição do modelo
Medidas em pol.

Valores definitivos para tolerâncias de usinagem de acabamento não podem ser estabelecidos para todos os projetos de peças fundidas, ainda mais, se considerarmos que o sobremetal de usinagem irá depender do tipo de liga a ser fundida. Exemplo: ligas de níquel requerem um sobremetal maior do que ligas menos ligadas, mas certas referências, têm sido preparadas e são dadas na Tabela VIII.

reduzidos com a continuidade da produção onde se permita um desenvolvimento das peças: Elas indicam também que uma forma plana é mais fácil de ser produzida que uma circular.

Sugestões para projetos não categorizados

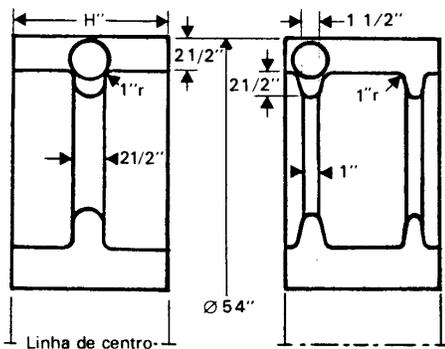
As regras de projeto de peças fundidas em aço foram apresentadas nas páginas anteriores dessa seção.

A aplicação dessas regras ao projeto de peças fundidas é essencial para total aproveitamento do potencial do processo de fundição. Como todo projeto em fundição, no entanto, é singular e original, nenhum trabalho de referência pode resolver todos os problemas. Só é possível dar exemplos da aplicação de regras.

Exemplo A Figura 31 mostra uma seção de uma carcaça de caixa de câmbio de 54" de diâmetro à qual foi melhorada através do uso de duas nervuras finas e a incorporação de um ângulo de cunha de 15° nas junções das nervuras com a face interna da carcaça.

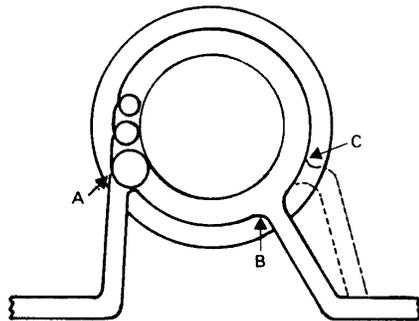
Os círculos traçados mostram a redução do ponto quente na junção T.

Figura 31



Exemplo B A junção Y no ponto A na carcaça do motor (Figura 32) pode ser modificada para melhor com a junção em T no ponto B, ou melhor ainda, mudando para uma junção em T no ponto C.

Figura 32



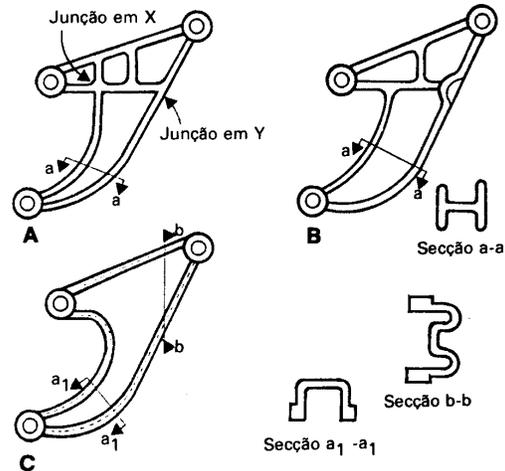
- A - Junção mal feita
- B - Junção melhorada
- C - Junção melhorada ainda mais.

Exemplo C A peça na Figura 33 apresenta um problema mais complexo. As junções em x e y causam problemas de fundição e pontos de concentração de esforços.

O desenho B substitui as junções em T, preferíveis.

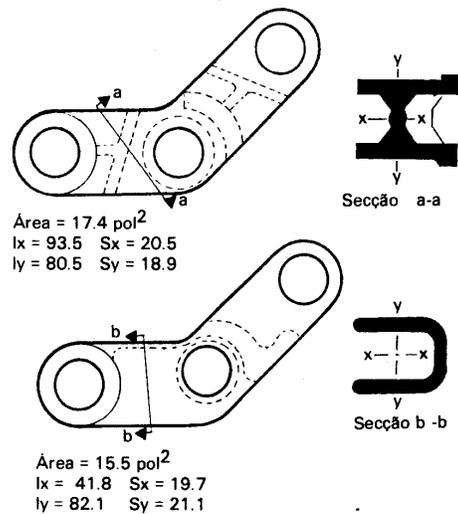
O desenho C elimina as nervuras com suas junções problemáticas através do uso de seções transversais produzidos por fundição. O desenho C tem a mesma resistência e rigidez dos desenhos com nervuras.

Figura 33



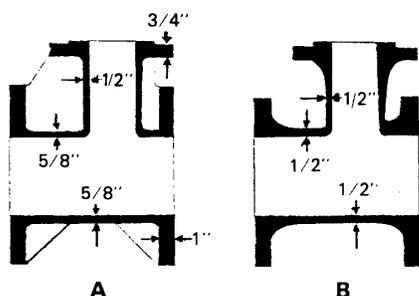
Exemplo D A biela (Figura 34) originalmente tinha uma seção difícil a ser fundida e que continha problemas de concentração de esforços. O desenho modificado utiliza uma seção em C que elimina esses fatores problemáticos, sem perder a resistência.

Figura 34

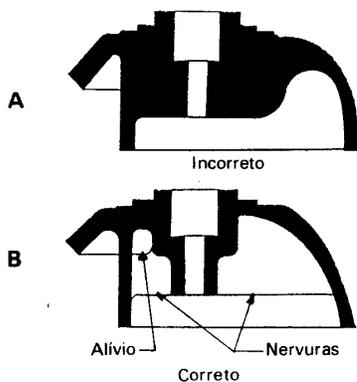


Exemplo E Em quase toda a discussão sob o projeto de peças fundidas, mais cedo ou mais tarde, alguém diz que seções uniformes constituem o melhor projeto. Esse conceito é questionável na luz do desenvolvimento técnico moderno. Por exemplo: O corpo de válvula A, Figura 35 é freqüentemente citado como exemplo de um desenho incluindo seções não uniformes com mudanças um pouco abruptas de tamanho de seção. Um desenho melhorado é mostrado em B. Este, tem apenas duas espessuras de seção que se juntam corretamente.

Figura 35

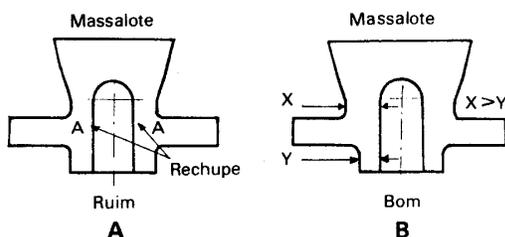


Figura



Desenho A da Figura 36 é ruim porque tem uma seção pesada e isolada, juntada as seções finais. O uso de alívio e nervuras no desenho B, mantém a resistência e alivia o perigo de rechupe da seção pesada. De outra forma, a Figura 37 mostra um desenho onde conceito ou regra de seção uniforme deve ser desprezado para obter solidificação direcional e a resistência resultante. O bom desenho toma em conta, a solidificação de uma seção fundida numa direção única. As flechas na Figura 37 mostram a direção de solidificação.

Figura 37



A importância da solidificação direcional é discutida na seção desse trabalho referente aos fundamentos de processo de fundição aplicados no projeto.

As regras para junção de seções de espessuras diferentes são muito mais importantes que a regra questionável de seção uniforme.

Exemplo F Às vezes um ângulo de reentrância ou uma flange no lugar errado podem causar a necessidade do uso de um macho extra, e esses machos aumentam custos. A Figura 38 é um exemplo de como um macho pode ser eliminado através de uma mudança de flange.

Figura 38

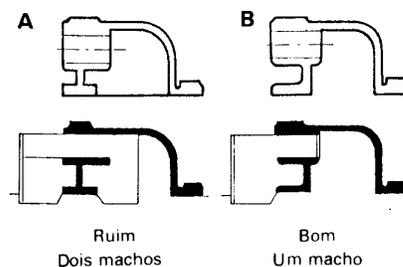


Figura 39 dá outro exemplo da eliminação do macho através de modificação do desenho. Aplicação da seção Ω (omega) ao suporte fundido elimina a necessidade de um macho e também diminui a concentração de esforço.

Um problema maior é ilustrado pela Figura 40.

A modificação de desenhos de parte da peça eliminam diversos machos.

Figura 39

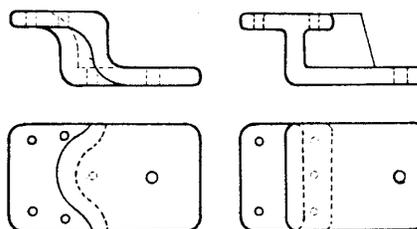
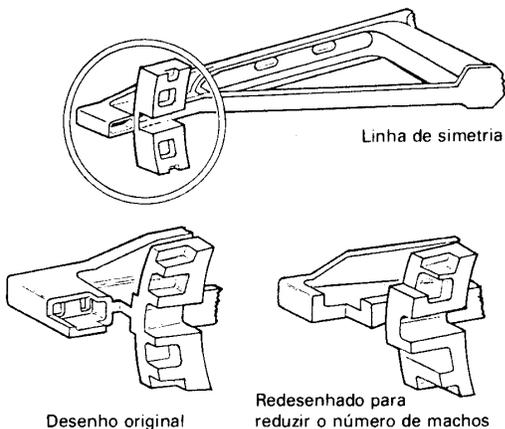
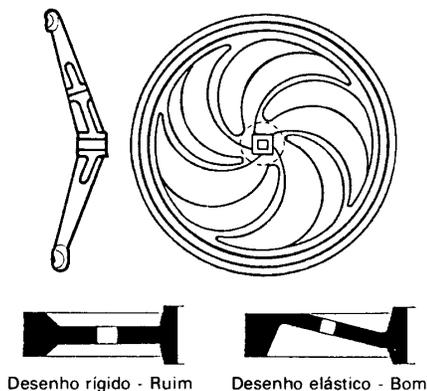


Figura 40



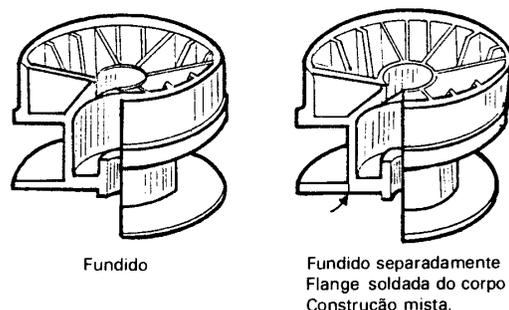
Exemplo G O aço contrai quando resfia e o uso de um desenho de forma ondulada como na Figura 41 ajuda a diminuir os esforços de resfriamento e o perigo de trincar. Isso deve ser utilizado onde for possível.

Figura 41



Exemplo H Projetos tipo fundidos + soldados devem ser considerados para peças complicadas, dificilmente fundidas com confiabilidade ou os quais devem ser fundidos com machos que são dificilmente removíveis após a fundição. Muitas vezes em tais casos uma peça melhor pode ser construída através do projeto de duas ou mais peças fundidas e posteriormente soldadas. A Figura 42 mostra um caso onde duas peças soldadas juntas produzem uma peça de custo menor que aquela produzida através de uma peça única fundida.

Figura 42



Métodos de moldagem

As regras de projetos discutidos nesse manual se aplicam a peças fundidas em aço feitas por qualquer projeto de moldagem, no entanto, as tolerâncias se aplicam especificamente aos moldes de areia verde.

Vários métodos de moldagem comumente usados para peças fundidas em aço são comparados na tabela IX. Tabelas X e XI são dados mais específicos referente às tolerâncias dimensionais de moldagem em casca (shell) e microfundição.

Tabela IX Comparação geral de diversos tipos de moldagem.

Requisitos do fundido	Areia verde	CO ₂	Casca	Cerâmico	Microfundição
Rugosidade	Razoável	Razoável	Boa	Muito Boa	Excelente
Espessura mínima da parede (pol)	1/4	3/16	5/32	3/32	1/16
Tolerância	± 0.0312	± 0.020	± 0.008	± 0.005	± 0.005
Tolerância adicional na linha de partição do modelo	± 0.0312	± 0.020	± 0.010	± 0.010	Sem partição
Intrincabilidade	Razoável	Boa	Muito boa	Melhor que casca	Excelente
Sobremetal	Muito	Muito	Médio	Pouco	Pouco
Adaptação ao tamanho da peça	Sem limite	Sem limite	Pequenas peças até 250 lbs	Pequenas peças até 100 lbs	Pequenas peças até 50 lbs
Custo do modelo	Baixo	Baixo	Alto	Médio	Alto
Tempo de vida	Muito curto	Muito curto	Longo	Curto	Muito longo

Tabela X Tolerâncias dimensionais para fundidos em casca.

Dimensões em polegadas	Entre pontos em um lado do modelo (pol)
Menos que 2	± .010
2 a 4	± .015
+ 4 a 7	± .020
+ 7 a 9	± .025
+ 9 a 12	± .030
+12 a 14	± .035
+ 14 a 17	± .040
+ 17 a 20	± .040
+ 20	± .050

Tabela XI Tolerâncias para Microfundição

Tolerâncias acabadas	
Dimensão	Tolerância
Até 1 pol	± .005 pol
Acima 1 pol	± .005 pol/pol
Tolerância geral	
Dimensão	Tolerância
Até 2 pol	± 1/64 pol
2-4 pol	± 1/32 pol
4-6 pol	± 3/64 pol
acima de 6 pol	± 1/16 pol

Exatidão dimensional maior pode ser obtida em peças fundidas em aço através do uso de técnicas especiais de produção.

Certas dimensões críticas podem ser mantidas dentro de tolerância de menor variação que aquela mostrada na Tabela IX sem a necessidade de usar processos mais caros de moldagem.

Isso é feito em áreas restritas de uma peça através do emprego de gabaritos ou machos especiais, prensagem ou esmerilhagem por gabaritos tipo chapelona. O custo extra necessário para fazer essas opera-

ções deve ser menos que o processo de moldagem ou técnicas de produção que permitem tolerâncias menores.

O custo do equipamento de moldagem e processamento é razoavelmente alto para peças fundidas pelos métodos casca, cerâmica e microfusão e também a economia de produzir um projeto particular dentro de tolerâncias rígidas tem que ser considerado cuidadosamente para ter certeza de que qualquer custo adicional de fundição será balanceado pela economia em usinagem, montagem e outras áreas.

Possíveis exceções

As regras de projeto dados nesta seção do manual são seguras e praticáveis. Variações podem ser permitidas em algumas instâncias, particularmente com as regras envolvendo dimensões, tolerâncias e sobremetal.

A experiência vai indicar onde tais liberdades podem ser tomadas, mas elas deverão ser baseadas em experiências. Cada caso é diferente.

Quando o projeto é para pequena produção, apenas poucas experiências podem ser feitas para ajustar os canais e massalotes, verificar dimensões, aperfeiçoar o projeto e determinar ou minimizar tolerâncias. Se a produção é para ser grande, uma boa quantidade desse tipo de trabalho pode ser feito e variações das regras podem ser feitas ou determinadas com segurança.

A Regra Final

Projeta-se peça fundida como peça fundida e desvios das regras apenas quando puder ser provada experimentalmente.

2

ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS

Associação Brasileira de Fundição - ABIFA

Especificações de materiais

Especificações de materiais 1 a 7

ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS CONFORME NORMA ASTM

Generalidades

A finalidade principal deste capítulo é fornecer ao leitor uma orientação, de âmbito geral, para que a consulta dos dados relativos às especificações de materiais conforme norma ASTM, seja processada de maneira bastante rápida.

As informações relacionadas a seguir não têm por objetivo esgotar todo o assunto relativo às especificações de materiais, deixando a critério do leitor consultar a própria Norma, onde esta, mostrará todos os detalhes necessários.

Especificações	ASTM	Grupo	Tratamento	Limite de Ruptura Ksi	Propriedades Mecânicas (mínimo)		C	Mn	Si	Composição Química (máximo %)							Outros Elementos
					Limite de Escoramento Ksi	Alongamento em 2" ou 50mm mínimo %				Redução de área %	S	P	Ni	Cr	Mo		
A.27-84	N.1	U60.30	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	60	—	—	0.25	0.75	0.80	0.06	0.05						
			—	—	—	0.35	0.60	0.80	0.06	0.05							
	N.2	60.30	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	60	30	22	0.25	0.75	0.80	0.06	0.05						
		65.35	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	65	30	24	0.30	0.60	0.80	0.06	0.05						
		70.36	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	70	35	24	0.30	0.70	0.80	0.06	0.05						
		70.40	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	70	36	22	0.35	0.70	0.80	0.06	0.05						
A.148-84	80.40	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	80	40	18	0.25	0.70	0.60	0.06	0.05							
		Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	80	50	22	0.35	0.60	0.80	0.06	0.05							
	90.60	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	90	60	20	0.25	1.00	0.60	0.06	0.05							
		Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	90	85	17	0.30	0.60	0.80	0.06	0.05							
	105.85	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	105	85	14	0.30	0.60	0.80	0.06	0.05							
		Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	120/15	95	14	0.30	0.60	0.80	0.06	0.05							
	115.95	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	120/15	125	9	0.22	0.60	0.80	0.06	0.05							
		Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	150/35	135	7	0.22	0.60	0.80	0.06	0.05							
	150.135	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	160	145	6	0.18	0.50-0.80	0.60	0.06	0.05							
		Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	279/150	160	18	0.12	0.50-0.80	0.60	0.06	0.05							
	160.145	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	165	150	5	0.20	0.50-0.80	0.60	0.06	0.05							
		Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	165	150	5	0.20	0.50-0.80	0.60	0.06	0.05							
	165.150L	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	165	180	4	0.15	0.50-0.80	0.60	0.06	0.05							
		Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	210	180	4	0.15	0.50-0.80	0.60	0.06	0.05							
210.180L	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	210	210	4	0.15	0.50-0.80	0.60	0.06	0.05								
	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	260	210	6	0.15	0.50-0.80	0.60	0.06	0.05								
260.210	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	260	210	3	0.15	0.50-0.80	0.60	0.06	0.05								
	Rec. ou N. ou N. Rev. ou T. Rev.	260	210	3	0.15	0.50-0.80	0.60	0.06	0.05								
A.216-84	WCA	Rec. ou N. ou N. Rev.	60/85	30	24	0.25	0.70	0.60	0.045	0.04	0.50	0.40	0.25				Cu,0.50 V,0.03
		Rec. ou N. ou N. Rev.	70/95	36	22	0.30	1.00	0.60	0.045	0.04	0.50	0.40	0.25				Cu,0.50 V,0.03
A.217-85	WCC	Rec. ou N. ou N. Rev.	70/95	40	22	0.25	1.20	0.60	0.045	0.04	0.50	0.40	0.25				Cu,0.50 V,0.03
		Rec. ou N. Rev.	65/90	35	24	0.25	0.50-0.80	0.60	0.06	0.05	0.50	0.35	0.45-0.65				Cu,0.50 W,0.10
	WC.4	Rec. ou N. Rev.	70/95	40	20	0.20	0.50-0.80	0.60	0.06	0.05	0.70-1.10	0.50-0.80	0.45-0.65				Cu,0.50 W,0.10
		Rec. ou N. Rev.	70/95	40	20	0.20	0.40-0.70	0.60	0.06	0.05	0.60-1.00	0.50-0.90	0.90-1.20				Cu,0.50 W,0.10
	WC.5	Rec. ou N. Rev.	70/95	40	20	0.20	0.50-0.80	0.60	0.06	0.05	0.50	1.00-1.50	0.45-0.65				Cu,0.50 W,0.10
		Rec. ou N. Rev.	70/95	40	20	0.18	0.40-0.70	0.60	0.06	0.05	0.50	2.00-2.75	0.90-1.20				Cu,0.50 W,0.10
	WC.6	Rec. ou N. Rev.	80/105	50	18	0.15-0.21	0.50-0.80	0.30-0.60	0.015	0.020	0.30-0.60	1.00-1.50	0.45-0.65				Cu,0.35 V,0.03
		Rec. ou N. Rev.	90/115	60	18	0.20	0.40-0.70	0.75	0.06	0.05	0.50	4.00-6.50	0.45-0.65				Cu,0.50 W,0.10
	C.5	Rec. ou N. Rev.	90/115	60	18	0.20	0.35-0.65	1.00	0.06	0.05	0.50	8.00-10.0	0.90-1.20				Cu,0.50 W,0.10
		Rec. ou N. Rev.	90/115	65	18	0.15	1.00	1.50	0.040	0.040	1.00	11.5-14.0	0.50				

Rec. = Recozimento Rev. = Revenido T. = Temperatura N. = Normalização

Especificações	Tratamento	Propriedades Mecânicas (mínimo)				Composição Química (máximo %)								Outros Elementos		
		Limite de Ruptura Ksi	Limite de Escoramento em 2" ou 50mm Ksi	Alongamento em 2" ou 50mm mínimo %	Redução de área %	C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Mo			
A. 297-84																
HF	Bruto de Fuso	70	35	25	—	0.20-0.40	2.00	2.00	0.04	0.04	8.0-12.0	18.0-23.0	0.50			
HH	para todos os graus	75	35	10	—	0.20-0.50	2.00	2.00	0.04	0.04	11.0-14.0	24.0-28.0	0.50			
HI		70	35	10	—	0.20-0.50	2.00	2.00	0.04	0.04	14.0-18.0	26.0-30.0	0.50			
HK		65	35	10	—	0.20-0.60	2.00	2.00	0.04	0.04	18.0-22.0	24.0-28.0	0.50			
HE		85	40	9	—	0.20-0.50	2.00	2.00	0.04	0.04	8.0-11.0	26.0-30.0	0.50			
HT		65	—	4	—	0.35-0.75	2.00	2.50	0.04	0.04	33.0-37.0	15.0-19.0	0.50			
HU		65	—	4	—	0.35-0.75	2.00	2.50	0.04	0.04	37.0-41.0	17.0-21.0	0.50			
HW		60	—	—	—	0.35-0.75	2.00	2.50	0.04	0.04	58.0-62.0	10.0-14.0	0.50			
HX		60	—	—	—	0.35-0.75	2.00	2.50	0.04	0.04	64.0-65.0	15.0-19.0	0.50			
HC		55	—	—	—	0.50	1.00	2.00	0.04	0.04	4.00	26.0-30.0	0.50			
HD		75	35	8	—	0.50	1.50	2.00	0.04	0.04	4.0-7.0	26.0-30.0	0.50			
HL		65	35	10	—	0.20-0.60	2.00	2.00	0.04	0.04	18.0-22.0	28.0-32.0	0.50			
HN		63	—	8	—	0.20-0.50	2.00	2.00	0.04	0.04	23.0-27.0	19.0-23.0	0.50			
HP		62.5	34	4.5	—	0.35-0.75	2.00	2.50	0.04	0.04	33.0-37.0	24.0-28.0	0.50			

Especificações	Tratamento	Propriedades Mecânicas (mínimo)				Composição Química (Máximo %)								Outros Elementos		
		Limite de Ruptura Ksi	Limite de Escoramento em 2" ou 50mm Ksi	Alongamento em 2" ou 50mm mínimo %	Redução de área %	C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Mo			
A. 351-85																
CF 3	Solubilizado	70	30	35.0	—	0.03	1.50	2.00	0.040	0.040	8.0-12.0	17.0-21.0	0.50			
CF 3A	Solubilizado	77	35	35.0	—	0.03	1.50	2.00	0.040	0.040	8.0-12.0	17.0-21.0	0.50			
CF 8	Solubilizado	70	30	35.0	—	0.08	1.50	2.00	0.040	0.040	8.0-11.0	18.0-21.0	0.50			
CF 8A	Solubilizado	77	35	35.0	—	0.08	1.50	2.00	0.040	0.040	8.0-11.0	18.0-21.0	0.50			
CF 3M	Solubilizado	70	30	30.0	—	0.03	1.50	2.00	0.040	0.040	9.0-13.0	17.0-21.0	2.0-3.0			
CF 3M	Solubilizado	70	30	30.0	—	0.03	1.50	2.00	0.040	0.040	9.0-13.0	17.0-21.0	2.0-3.0			
CF 3MA	Solubilizado	80	37	30.0	—	0.08	1.50	2.00	0.040	0.040	9.0-13.0	17.0-21.0	2.0-3.0			
CF 8M	Solubilizado	70	30	30.0	—	0.08	1.50	2.00	0.040	0.040	9.0-12.0	18.0-21.0	2.0-3.0			
CF 8C	Solubilizado	70	30	30.0	—	0.08	1.50	2.00	0.040	0.040	9.0-12.0	18.0-21.0	2.0-3.0			
CF 10	Solubilizado	70	30	35.0	—	0.04-0.10	1.50	2.00	0.040	0.040	8.0-11.0	18.0-21.0	0.50			
CF 10M	Solubilizado	70	30	30.0	—	0.04-0.10	1.50	1.50	0.040	0.040	9.0-12.0	18.0-21.0	2.0-3.0			
CH 8	Solubilizado	65	28	30.0	—	0.08	1.50	2.00	0.040	0.040	12.0-15.0	22.0-26.0	0.50			
CH 10	Solubilizado	70	30	30.0	—	0.10	1.50	2.00	0.040	0.040	12.0-15.0	22.0-26.0	0.50			
CH 20	Solubilizado	70	30	30.0	—	0.20	1.50	2.00	0.040	0.040	12.0-15.0	22.0-26.0	0.50			
CK 20	Solubilizado	65	28	30.0	—	0.20	1.50	1.75	0.040	0.040	19.0-22.0	23.0-27.0	0.50			
HK 30	Bruto de Fuso	65	35	10.0	—	0.25-0.35	1.50	1.75	0.040	0.040	19.0-22.0	23.0-27.0	0.50			
HK 40	Bruto de Fuso	62	35	10.0	—	0.35-0.45	1.50	1.75	0.040	0.040	19.0-22.0	23.0-27.0	0.50			
HT 30	Bruto de Fuso	65	28	15.0	—	0.25-0.35	2.00	2.50	0.040	0.040	33.0-37.0	13.0-17.0	0.050			
CF 10MC	Bruto de Fuso	70	30	20.0	—	0.10	1.50	1.50	0.040	0.040	13.0-16.0	15.0-18.0	1.75-2.25			
CN 7M	Solubilizado	62	25	35.0	—	0.07	1.50	1.50	0.040	0.040	27.5-30.5	19.0-22.0	2.0-3.0			
CD 4M Cu	Solubilizado	100	70	16.0	—	0.04	1.00	1.00	0.040	0.040	4.75-6.00	24.5-26.5	1.75-2.25			
CG 6MMN	Solubilizado	75	35	30.0	—	0.06	4.0-6.0	1.00	0.040	0.040	11.50-13.50	20.50-23.50	1.50-3.00			
CG 8M	Solubilizado	75	35	25.0	—	0.08	1.50	1.50	0.040	0.040	9.00-13.0	18.0-21.0	3.00-4.00			
CF 105MnN	Solubilizado	85	42.5	30.0	—	0.10	7.00-9.00	3.50-4.50	0.030	0.060	8.00-9.00	16.0-18.0				

Cb min. 8%,
Cb máx. 1,0%

Cb min. 10%, C
Cb máx. 1,20%

N 0.08-0.18

Especificações	Tratamento		Propriedades Mecânicas (mínimo)			Composição Química (máximo %)										Outros Elementos
	ASTM	Grau	Limite de Ruptura Kgf	Limite de Escoamento Kgf	Alongamento em 2° ou 50mm mínimo %	Redução de área %	C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Mo		
A.487-84	4D	T. Rev.	100	75	17	35	0,75-0,30	0,75-1,00	0,80	0,045	0,04	0,40-0,80	0,50-0,80	0,15-0,30	Cu,0,60 W,0,10 V,0,03	
	8C	T. Rev.	100	75	17	35	0,30-0,20	0,50-0,90	0,80	0,045	0,04	—	2,00-2,75	0,90-1,10	Cu,0,50 W,0,10 V,0,03	
	9C	N. Rev. ou T. Rev.	90	60	18	35	0,25-0,33	0,60-1,00	0,80	0,045	0,04	0,50	0,75-1,10	0,15-0,30	Cu,0,50 W,0,10 V,0,03	
	11A	N. Rev.	70/95	40	20	35	0,20	0,50-0,80	0,60	0,045	0,04	0,70-1,10	0,50-0,80	0,45-0,65	Cu,0,50 W,0,10 V,0,03	
	12A	N. Rev.	70/95	40	20	35	0,20	0,40-0,70	0,60	0,045	0,04	0,60-1,00	0,50-0,90	0,90-1,20	Cu,0,50 W,0,10 V,0,03	
	13A	N. Rev.	90/115	60	18	35	0,30	0,80-1,10	0,80	0,045	0,04	1,40-1,75	0,40	0,20-0,30	Cu,0,50 W,0,10 V,0,03	
	16.NA	N. Rev.	70/95	40	22	35	0,12	2,10	0,50	0,02	0,02	1,00-1,40	0,20	0,10	Cu,0,20 W,0,10 V,0,02	
	9D	T. Rev.	100	75	17	35	0,25-0,33	0,60-1,00	0,80	0,045	0,04	0,50	0,75-1,10	0,15-0,30	Cu,0,50 W,0,10 V,0,03	
	CA.15C	N. Rev. ou T. Rev.	90	60	18	35	0,15	1,00	1,50	0,040	0,040	-1,00	11,5-14,0	-0,50	Cu,0,50 W,0,10 V,0,03	
	CA.15D	N. Rev. ou T. Rev.	100	75	17	35	0,15	1,00	1,50	0,040	0,040	-1,00	11,5-14,0	-0,50	Cu,0,50 W,0,10 V,0,03	
	11B	T. Rev.	105/130	85	17	35	0,20	0,50-0,80	0,60	0,045	0,04	0,70-1,10	0,50-0,80	0,45-0,65	Cu,0,50 W,0,10 V,0,03	
	12B	T. Rev.	105/130	85	17	35	0,20	0,40-0,70	0,60	0,045	0,04	0,60-1,00	0,50-0,90	0,90-1,20	Cu,0,50 W,0,10 V,0,03	
	13B	T. Rev.	105/130	85	17	35	0,30	0,80-1,10	0,60	0,045	0,04	1,40-1,75	0,40	0,20-0,30	Cu,0,50 W,0,10 V,0,05	
	11A	T. Rev.	120/145	95	14	30	0,55	0,80-1,10	0,60	0,045	0,04	1,40-1,75	0,40	0,20-0,30	Cu,0,50 W,0,10 V,0,03	
	B	N. Rev. ou T. Rev.	90/115	65	18	30	0,06	1,00	1,00	0,030	0,040	1,00	11,5-14,0	0,50	Cu,0,50 W,0,10 V,0,03	
	CA.6NMB	N. Rev. ou T. Rev.					0,06	1,00	1,00	0,050	0,04	3,5-4,0	11,5-14,0	0,4-1,10	Cu,0,50 W,0,10 V,0,03	

Especificações	Classe	Tipo	Designação	Dureza Brinell		Temperado		Recozido		Fundido na areia mínimo	Coquilhado mínimo	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Mo	Outros Elementos
				mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo										
A.532-82	I	A	Ni-Cr-HC	550	600	—	—	—	—	3,0-3,6	1,3 máx.	0,8 máx.	0,15 máx.	0,30 máx.	3,3-5,0	1,4-4,0	1,0 máx.	—	
	I	B	Ni-Cr-LC	550	600	—	—	—	—	2,5-3,0	1,3 máx.	0,8 máx.	0,15 máx.	0,30 máx.	3,3-5,0	1,4-4,0	1,0 máx.	—	
	I	C	Ni-Cr-CB	550	600	—	—	—	—	2,9-3,7	1,3 máx.	0,8 máx.	0,15 máx.	0,30 máx.	2,7-4,0	1,1-1,5	1,0 máx.	—	
	I	D	Ni-Hi-Cr	550	500	600	400	400	400	2,5-3,6	1,3 máx.	1,0-2,2	0,15 máx.	0,10 máx.	5,0-7,0	7,0-11,0	1,0 máx.	—	
	II	A	12% Cr	550	—	600	400	400	400	2,4-2,8	0,5-1,5	1,0 máx.	0,06 máx.	0,10 máx.	0,5 máx.	11,0-14,0	0,5-1,0	Cu 1,2 máx.	
	II	B	15% Cr-Mo-LC	450	—	600	400	400	400	2,4-2,8	0,5-1,5	1,0 máx.	0,06 máx.	0,10 máx.	0,5 máx.	14,0-18,0	1,0-3,0	Cu 1,2 máx.	
	II	C	15% Cr-Mo-LC	450	—	600	400	400	400	2,8-3,6	0,5-1,5	1,0 máx.	0,06 máx.	0,10 máx.	0,5 máx.	14,0-18,0	2,3-3,5	Cu 1,2 máx.	
	II	D	20% Cr-Mo-LC	450	—	600	400	400	400	2,8-3,6	0,5-1,5	1,0 máx.	0,06 máx.	0,10 máx.	1,5 máx.	18,0-23,0	1,0-2,0	Cu 1,2 máx.	
	II	E	20% Cr-Mo-HC	450	—	600	400	400	400	2,6-3,2	0,5-1,5	1,0 máx.	0,06 máx.	0,10 máx.	1,5 máx.	18,0-23,0	1,0-2,0	Cu 1,2 máx.	
	III	A	25% Cr	450	—	600	400	400	400	2,3-3,0	0,5-1,5	1,0 máx.	0,06 máx.	0,10 máx.	1,5 máx.	23,0-28,0	1,5 máx.	Cu 1,2 máx.	

ASTM	Especificações	Tratamento	Limite de Ruptura Ksi	Propriedades Mecânicas (mínimo)		Composição Química (máximo %)										Outros Elementos
				Limite de Escoamento Ksi	Alongamento em 2" ou 50mm mínimo %	Redução de área %	C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Mo		
A.352-85	LCA	N. ou Rev. (ou T. Rev.)	60/85	30	24	35	0.25	0.20	0.60	0.045	0.04	—	—	0.50	0.20	Cu 0.30 V 0.003
	LCB	N. ou N. Rev. (ou T. Rev.)	65/90	35	24	35	0.30	1.00	0.60	0.045	0.04	—	0.50	0.20	Cu 0.30 V 0.003	
	LCC	N. ou N. Rev. (ou T. Rev.)	70/95	40	22	35	0.25	1.20	0.60	0.045	0.04	—	0.50	0.20	Cu 0.30 V 0.003	
	LC1	N. ou N. Rev. (ou T. Rev.)	65/90	35	24	35	0.25	0.50-0.80	0.60	0.045	0.04	—	—	0.45-0.65		
	LC2	N. ou N. Rev. (ou T. Rev.)	70/95	40	24	35	0.25	0.50-0.80	0.60	0.045	0.04	2.00-3.00	—	—		
	LC2-1	N. ou N. Rev. (ou T. Rev.)	105/130	80	18	30	0.22	0.55-0.75	0.50	0.045	0.04	2.50-3.50	1.35-1.85	0.30-0.60		
	LC3	N. ou N. Rev. (ou T. Rev.)	70/95	40	24	35	0.15	0.50-0.80	0.60	0.045	0.04	3.00-4.00	—	—		
	LC4	N. ou N. Rev. (ou T. Rev.)	70/95	40	24	35	0.15	0.50-0.80	0.60	0.045	0.04	4.00-5.00	—	—		
CA.6.NM		N. ou N. Rev. (ou T. Rev.)	110/135	80	24	30	0.06	1.00	1.00	0.03	0.04	3.5-4.5	11.5-14.0	0.4-1.0	Cu 0.30 V 0.03	
C.9		N. ou N. Rev. (ou T. Rev.)	85	75	20	35	0.13	0.90	0.45	0.045	0.04	8.5-10.0	0.50	0.20	Cu 0.30 V 0.03	
A.487-84	1A	N. Rev.	85/110	55	22	40	0.30	1.00	0.80	0.045	0.04	0.50	0.35	0.25	V-0.04-0.12 Cu 0.50	
	2A	N. Rev.	85/110	53	22	35	0.30	1.00-1.40	0.80	0.045	0.04	0.50	0.35	0.10-0.30	Cu 0.50 V 0.03 W 0.10	
	4A	N. Rev. ou T. Rev.	90/115	60	18	40	0.30	1.00	0.80	0.045	0.04	0.40-0.80	0.40-0.80	0.15-0.30	Cu 0.50 W 0.10 V 0.03	
	6A	N. Rev.	115	80	18	30	0.38	1.30-1.70	0.80	0.045	0.04	0.40-0.80	0.40-0.80	0.30-0.40	Cu 0.30 W 0.10 V 0.03	
	8A	N. Rev.	85/110	55	20	35	0.20	0.50-0.90	0.80	0.045	0.04	—	2.00-2.75	0.90-1.10	Cu 0.50 W 0.10 V 0.03	
	9A	N. Rev. ou T. Rev.	90	60	18	35	0.33	0.60-1.00	0.80	0.045	0.04	0.50	0.75-1.10	0.15-0.30	Cu 0.50 W 0.10 V 0.03	
	10A	N. Rev.	100	70	18	35	0.30	0.60-1.00	0.80	0.045	0.04	1.40-2.00	0.55-0.90	0.20-0.40	Cu 0.50 W 0.10 V 0.03	
	1B	T. Rev.	90/115	65	22	45	0.30	1.00	0.80	0.045	0.04	0.50	0.35	0.25	V-0.04-0.12 Cu 0.50	
	2B	T. Rev.	90/115	65	22	40	0.30	1.00-1.40	0.80	0.045	0.04	0.50	0.35	0.10-0.30	Cu 0.50 W 0.10 V 0.03	
	4B	T. Rev.	105/130	85	17	35	0.30	1.00	0.80	0.045	0.04	0.40-0.80	0.40-0.80	0.15-0.30	Cu 0.50 W 0.10 V 0.03	
	4E	T. Rev.	115	95	15	35	0.30	1.00	0.80	0.045	0.04	0.40-0.80	0.40-0.80	0.15-0.30	Cu 0.50 W 0.10 V 0.03	
	6B	T. Rev.	120	95	12	25	0.38	1.30-1.70	0.80	0.045	0.04	0.40-0.80	0.40-0.80	0.30-0.40	Cu 0.30 W 0.10 V 0.03	
	7A	T. Rev.	115	100	15	30	0.20	0.60-1.00	0.80	0.045	0.04	0.70-1.00	0.40-0.80	0.40-0.60	V-0.03-0.10 B-0.002-0.006 W 0.10 Cu 0.15-0.50	
1C		N. Rev. ou T. Rev.	90	65	22	45	Vide 1A									
2C		N. Rev. ou T. Rev.	90	65	22	45	Vide 1A									
8B		T. Rev.	105	85	17	30	0.20	0.50-0.90	0.80	0.045	0.04	—	2.00-2.75	0.90-1.10	Cu 0.50 W 0.10 V 0.03	
9B		T. Rev.	105	85	16	35	0.33	0.60-1.00	0.80	0.045	0.04	0.50	0.75-1.10	0.15-0.30	Cu 0.50 W 0.10 V 0.03	
10B		T. Rev.	125	100	15	35	0.30	0.60-1.00	0.80	0.045	0.04	1.40-2.00	0.55-0.90	0.20-0.40	Cu 0.50 W 0.10 V 0.03	
15A		N. Rev. ou T. Rev.	140/170	110/130	10	25	0.15	1.00	1.50	0.045	0.04	1.00	11.5-14.0	0.50	Cu 0.50 W 0.10 V 0.03	
CA.15.MA		N. Rev. ou T. Rev.	90/115	65	18	30	0.15	1.00	0.65	0.040	0.040	1.00	11.5-14.0	0.4-1.0	Cu 0.50 W 0.10 V 0.03	
CA.6.NMA		N. Rev. ou T. Rev.	110/135	80	15	35	0.06	1.00	1.00	0.03	0.04	3.5-4.5	11.5-14.0	0.4-1.0	Cu 0.50 W 0.10 V 0.03	
4C		N. Rev. ou T. Rev.	90	60	18	35	0.30	1.00	0.80	0.045	0.04	0.40-0.80	0.40-0.80	0.15-0.30	Cu 0.50 W 0.10 V 0.03	

4 Rev. 1 = Fica alterado; Rev. 2 = Fica modificado; Rev. 3 = Fica melhorado; Rev. 4 = Fica cancelado

Especificações	Tratamento	Limite de Ruptura Ksi	Propriedades Mecânicas (mínimo)		Composição Química (máximo %)											
			Limite de Escoamento Ksi	Alongamento em 2° ou 50mm mínimo %	Redução de área %	C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Mo	Outros Elementos		
A.743	Treatamento Térmico	70	30	35	—	0,08	1,50	2,00	0,04	0,04	8,0-11,0	18,0-21,0	—	—	—	—
ASTM																
A.743	Aquecer a 1040°C (1900°F) mínimo, deixar na temperatura o tempo suficiente para aquecer o fundido, temperar na água ou resfriamento rápido por outros métodos a fim de obter uma satisfatória resistência à corrosão.	70	28	35	—	0,12	1,50	2,00	0,04	0,04	10,0-13,0	20,0-23,0	—	—	—	—
A.743	Aquecer a 1040°C (1900°F) mínimo, deixar na temperatura o tempo suficiente para aquecer o fundido, temperar na água ou resfriamento rápido por outros métodos a fim de obter uma satisfatória resistência à corrosão.	70	30	30	—	0,20	1,50	2,00	0,04	0,04	8,0-11,0	18,0-21,0	—	—	—	—
A.743	Aquecer a 1040°C (1900°F) mínimo, deixar na temperatura o tempo suficiente para aquecer o fundido, temperar na água ou resfriamento rápido por outros métodos a fim de obter uma satisfatória resistência à corrosão.	70	30	30	—	0,08	1,50	2,00	0,04	0,04	9,0-12,0	18,0-21,0	2,0-3,0	—	—	Cb B.Y.C-1,0
A.743	Aquecer a 1040°C (1900°F) mínimo, deixar na temperatura o tempo suficiente para aquecer o fundido, temperar na água ou resfriamento rápido por outros métodos a fim de obter uma satisfatória resistência à corrosão.	75	35	25	—	0,08	1,50	2,00	0,04	0,04	9,0-12,0	18,0-21,0	—	—	—	—
A.743	Aquecer a 1093°C (2000°F) mínimo, deixar na temperatura o tempo suficiente para aquecer o fundido, temperar na água ou resfriamento rápido por outros métodos a fim de obter uma satisfatória resistência à corrosão.	70	30	35	—	0,16	1,50	2,00	0,04	0,04	9,0-12,0	18,0-21,0	—	—	—	—
CH-20	Aquecer a 955°C (1750°F) mínimo, esfriar ao ar e revenir a 595°C (1100°F) mínimo ou recozer a 790°C (1450°F) mínimo.	70	30	30	—	0,20	1,50	2,00	0,04	0,04	12,0-15,0	22,0-26,0	—	—	—	—
CK-20	Aquecer a 955°C (1750°F) mínimo, esfriar ao ar e revenir a 595°C (1100°F) mínimo ou recozer a 790°C (1450°F) mínimo.	65	28	30	—	0,20	2,00	2,00	0,04	0,04	19,0-22,0	23,0-27,0	—	—	—	—
CE-30	Aquecer a 955°C (1750°F) mínimo, esfriar ao ar e revenir a 595°C (1100°F) mínimo ou recozer a 790°C (1450°F) mínimo.	80	40	10	—	0,30	1,50	2,00	0,04	0,04	8,0-11,0	26,0-30,0	—	—	—	—
CA-15	Aquecer a 955°C (1750°F) mínimo, esfriar ao ar e revenir a 595°C (1100°F) mínimo ou recozer a 790°C (1450°F) mínimo.	90	65	18	30	0,15	1,00	1,50	0,04	0,04	1,00	11,5-14,0	0,50	—	—	—
CA-15M	Aquecer a 955°C (1750°F) mínimo, esfriar ao ar e revenir a 595°C (1100°F) mínimo ou recozer a 790°C (1450°F) mínimo.	90	65	18	30	0,15	1,00	0,65	0,04	0,04	1,00	11,5-14,0	0,15-1,00	—	—	—
CA-40	Aquecer a 955°C (1750°F) mínimo, esfriar ao ar e revenir a 595°C (1100°F) mínimo ou recozer a 790°C (1450°F) mínimo.	100	70	15	25	0,20-0,40	1,00	1,50	0,04	0,04	1,00	11,5-14,0	0,5 máx	—	—	—
CB-30	Aquecer a 790°C (1450°F) mínimo, esfriar ao ar ou aquecer a 790°C (1450°F) mínimo e esfriar no forno.	65	30	—	—	0,30	1,00	1,50	0,04	0,04	2,00	18,0-21,0	—	—	—	—
CC-50	Aquecer a 790°C (1450°F) mínimo, esfriar ao ar ou aquecer a 790°C (1450°F) mínimo e esfriar no forno.	55	—	—	—	0,50	1,00	1,50	0,04	0,04	4,00	26,0-30,0	—	—	—	—
A.743	Aquecer a 1040°C (1900°F) mínimo, deixar na temperatura o tempo suficiente para aquecer o fundido e esfriar rapidamente a fim de obter uma satisfatória resistência à corrosão, ou como fundida se a resistência à corrosão for aceitável.	70	30	35	—	0,03	1,50	2,00	0,04	0,04	8,0-12,0	17,0-21,0	—	—	—	—
CF-3	Aquecer a 1040°C (1900°F) mínimo, deixar na temperatura o tempo suficiente para aquecer o fundido e esfriar rapidamente a fim de obter uma satisfatória resistência à corrosão, ou como fundida se a resistência à corrosão for aceitável.	70	30	30	—	0,03	1,50	1,50	0,04	0,04	9,0-13,0	17,0-21,0	2,0-3,0	—	—	—
CF-3M	Aquecer a 1040°C (1900°F) mínimo, deixar na temperatura o tempo suficiente para aquecer o fundido e esfriar rapidamente a fim de obter uma satisfatória resistência à corrosão, ou como fundida se a resistência à corrosão for aceitável.	70	30	30	—	0,03	1,50	1,50	0,04	0,04	9,0-13,0	17,0-21,0	2,0-3,0	—	—	—

Especificações		Tratamento		Propriedades Mecânicas (mínimo)			Composição Química (máximo %)							Outros Elementos
ASTM	Grau	Limite de Ruptura Kai	Limite de Escoamento Kai	Alongamento em 2" ou 50mm mínimo %	Redução de área %	C	Min	Si	S	P	Ni	Cr	Mo	Elementos
A.743		Tratamento Térmico												
	CN-7M	62	25	35	—	0,07	1,50	1,50	0,04	0,04	27,5-30,5	19,0-22,0	2,0-3,00	Cu 3,0-4,0
	CN-7MS	70	30	35	—	0,07	1,00	2,50-3,50	0,03	0,04	22,0-25,0	18,0-20,0	2,5-3,00	Cu 1,5-2,0
	CG-6MMN	75	35	30	—	0,06	4,00-6,00	1,00	0,03	0,04	11,5-13,5	20,5-23,5	1,50-3,00	Cb-0,10-0,30
		Aquecer a 1120°C (2050°F) mínimo, deixar na temperatura o tempo suficiente para aquecer o fundido; temperar na água ou resfriamento rápido por outros métodos a fim de obter uma satisfatória resistência à corrosão.												V-0,10-0,30 N-0,20-0,40
A.743	CY-40	70	28	30	—	0,40	1,50	3,00	0,03	0,03	balanço	14,0-17,0	—	Fe 11,0
	M-35.1	65	25	25	—	0,35	1,50	1,25	0,03	0,03	balanço	—	—	Cu 26,0-33
	M-35.2	65	30	25	—	0,35	1,50	2,00	0,03	0,03	balanço	—	—	Fe 3,5
	CZ-100	50	18	10	—	1,00	1,50	2,00	0,03	0,03	balanço	—	—	Cu 1,25 Fe 3,0
	CW-12M	De acordo entre a fundição e 72 o cliente de maneira a obter uma resistência satisfatória à corrosão.		4	—	0,12	1,00	1,50	0,03	0,04	balanço	15,5-20,0	16,0-20,0	W 5,25 V 0,40
	N012M	72	46	6	—	0,12	1,00	1,00	0,03	0,04	balanço	1,00	26,0-33,0	Co 2,5 V 0,60 Fe 6,0
A.743	CA-6NM	110	80	15	35	0,06	1,00	1,00	0,03	0,04	3,5-4,5	11,5-14,0	0,40-1,0	—
	Aquecer a 955°C (1750°F) mínimo, resfriar ao ar até 95°C (200°F) máximo e revenir entre 565°C (1050°F) e 620°C (1150°F).													
A.743	CD-4MCu	100	70	16	—	0,04	1,00	1,00	0,04	0,04	4,75-6,0	24,5-26,5	1,75-2,25	Cu 2,75-3,25
	CC-50	Aquecer a 1040°C (1900°F) mínimo, deixar na temperatura o tempo suficiente para aquecer o fundido; temperar na água ou resfriamento rápido por outros métodos a fim de obter uma satisfatória resistência à corrosão.												
	CF-10MnN	75	35	30	—	0,10	7,00-9,00	3,50-4,50	0,030	0,060	8,0-9,0	16,0-18,0		N 0,08-0,18
	Aquecer a 1065°C mínimo resfriar em água.													

Especificações		Tratamento		Propriedades Mecânicas (mínimo)			Composição Química (máximo %)										Outros Elementos		
ASTM	Grau,	Tratamento Térmico	Limite de Ruptura Kgf	Limite de Escoramento Kgf	Alongamento em 2" ou 50mm mínimo %	Redução de área %	C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Mo					
A.743	CA-6N	Aquecer a 1040°C (1900°F), esfriar ao ar, reaquecer a 815°C (1500°F), esfriar ao ar, precipitação a 425°C (800°F) deixando a cada temperatura o tempo suficiente para aquecer o fundido na	140	135	15	50	0,06	0,50	1,00	0,02	0,02	6,0-8,0	10,5-12,5	—					
	CA-28HWV	Aquecer a 1080°C, resfriar	140	110	10	24	0,28	0,50-1,00	1,00	0,030	0,030	0,50-1,00	11,0-12,5	0,90-1,25	W 0,90-1,25 V 0,30-0,30				
A.744	CF-8	Aquecer a 1040°C (1900°F) mínimo, deixar na temperatura o tempo suficiente para aquecer o fundido, temperar na água ou resfriamento rápido por outros métodos a fim de obter uma satisfatória resistência à corrosão.	70	30	35	0,08	1,50	2,00	0,04	0,04	0,04	8,0-11,0	18,0-21,0	—					
	CF-8M		70	30	30	0,08	1,50	2,00	0,04	0,04	0,04	9,0-12,0	18,0-21,0	2,0-3,0					
	CF-8C		70	30	30	0,08	1,50	2,00	0,04	0,04	0,04	9,0-12,0	18,0-21,0	—					
	CF-3		70	30	35	0,03	1,50	2,00	0,04	0,04	0,04	8,0-12,0	17,0-21,0	—					
	CF-3M		70	30	30	0,03	1,50	1,50	0,04	0,04	0,04	9,0-13,0	17,0-21,0	2,0-3,0					
	CG-8M		75	35	25	0,08	1,50	1,50	0,04	0,04	0,04	9,0-13,0	18,0-21,0	3,0-4,0					
CN-7M		Aquecer a 1120°C (2050°F) mínimo, deixar na temperatura o tempo suficiente para aquecer o fundido, temperar na água, ou resfriamento rápido por outros métodos a fim de obter uma satisfatória resistência à corrosão.	62	25	35	0,07	1,50	1,50	0,04	0,04	0,04	27,5-30,5	19,0-22,0	2,0-3,0					
CN-7MS			70	30	35	0,07	1,00	2,50-3,50	0,03	0,04	0,04	22,0-25,0	18,0-20,0	2,5-3,0					
CY-40		Bruto de Fusão	70	28	30	0,40	1,50	3,00	0,03	0,03	0,03	diferença	14,0-17,0	—	Fe 11,0 Cu 26,0-33,0				
M-35.1			65	30	25	0,35	1,50	1,50	0,03	0,03	0,03	diferença	—	—	Cu 1,25 Fe 3,00				
CZ-100			50	18	10	1,00	1,50	2,00	0,03	0,03	0,03	diferença	—	—	Cu 26,0-33,0				
M-35.2						0,35	1,50	2,00	0,03	0,03	0,03	diferença	—	—	W 3,25				
CW-12M		De acordo entre a fundição e o cliente de maneira a obter uma resistência à corrosão satisfatória.	72	46	4,0	0,12	1,00	1,50	0,03	0,04	0,04	balanço	15,50-20,0	16,0-20,0	V 0,40 Fe 7,50 V 0,80 Fe 6,00				
			72	46	6	0,12	1,00	1,50	0,03	0,04	0,04	balanço	1,00	26,0-33,0					
A.744	CD-4MCu	Aquecer a 1040°C (1900°F) mínimo, deixar na temperatura o tempo suficiente para aquecer o fundido uniformemente, temperar na água ou resfriamento rápido por outros métodos a fim de obter uma satisfatória resistência à corrosão.	100	70	16	0,04	1,00	1,00	0,04	0,04	0,04	4,75-6,00	24,5-26,5	1,75-2,25	Cu 2,75-3,25				

3

TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS

Tolerâncias dimensionais

Generalidades	1
Princípios de dimensionamento da tolerância	1
Tolerância para peças brutas de aço fundido produzidas em moldes de areia	2
Exemplo de aplicação de tolerâncias	4
Sobremetais de usinagem	4
Exemplo de aplicação de sobremetais de usinagem	5

TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS PARA PEÇAS BRUTAS DE AÇO FUNDIDO

Generalidades

A variação dimensional pode ocorrer em peças produzidas por qualquer processo de conformação de metal. As tolerâncias são as manifestações da variação esperada ou aceitável.

Num dado processo de conformação, o metal tem a sua característica de comportamento e a variação dimensional é influenciada pelo efeito do método empregado e pela severidade e precisão do equipamento usado. Por exemplo, no fundido o comportamento do metal em questão, se classifica em três fases: contração no estado líquido, contração no estado de solidificação e contração no estado sólido. Teoricamente, num aço fundido consideramos uma contração linear de 2% na dimensão. Mas a prática nos tem mostrado que, mesmo em peças simples a contração varia de quase nada até 2% nas suas dimensões. O perfil do fundido, resistência e precisão do molde, têm influência na contração e no resultado dimensional.

A análise da contração é difícil. Um experiente fundidor pode estimar a importância da contração que ocorre em qualquer dimensões dada, mas somente com a produção efetiva de diversas peças nos trará com precisão, o comportamento do metal na contração. Por esta razão, as dimensões dos primeiros fundidos não poderão ser consideradas tão precisas quanto às do decorrer da produção.

Princípios de dimensionamento da tolerância

Tolerâncias em peças brutas de aço fundido são compostas de dois fatores:

a) Uma função linear da dimensão devido à contração;

b) Uma constante devido ao processo de fundição.

O primeiro destes, é dado por:

$$t_1 = a.D$$

Onde: t_1 tolerância da peça
 D dimensão da peça
 a constante da contração

O segundo fator é dado por:

$$t_2 = b$$

Onde: t_2 tolerância da peça
 b constante que avalia as variações resultantes da construção do modelo, molde, macho e processo de fundição.

A tolerância é a soma destes dois fatores, conforme a equação:

$$t = \pm (b + a.D)$$

A representação gráfica desta equação está mostrado na figura 1, e é usada para expressar os conceitos teóricos de tolerâncias. Estes conceitos podem ser expressos em forma mais usável pelas equações da média, do preciso e do mínimo como funções das dimensões, assim como mostrado na Tabela I.

As tolerâncias podem ser classificadas em: Tolerâncias médias, Tolerâncias precisas e Tolerâncias mínimas.

A determinação da tolerância é um assunto estatístico.

As dimensões em geral resultam da distribuição normal, caracterizadas por dois parâmetros: a média e o desvio padrão.

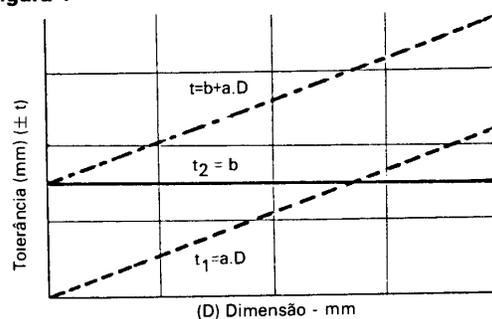
Tolerâncias sob condições médias são, via de regra, expressas com mais ou menos alguma importância, tal como $\pm 0,8$.

Em determinados casos é provável ter uma distribuição assimétrica. Quando as dimensões estão sujeitas a uma única condição de tolerância, pode ser assimétrica tal como, mais algum valor e menos algum outro valor, por exemplo: $+ 0,23 - 0$.

A forma assimétrica de tolerância pode ocorrer com a distribuição normal se a média da distribuição não for a dimensão calculada no projeto. Esta situação pode ser corrigida pelo ajustamento do equipamento ou mudança do processo.

Os valores de tolerâncias dados em literaturas aplicam-se para grandes produções, depois de ajustes necessários terem sido feitos. Eles não se aplicam para a primeira peça fabricada nem para pequenas produções. Isto se aplica em peças brutas de aço fundido como também para peças produzidas por outros métodos.

Figura 1



Tolerâncias médias: são aquelas obtidas através dos processos normais de fundição.

Tolerâncias precisas: são esperadas através dos controles rígidos das variáveis do processo e uso mais severo e preciso do ferramental de moldagem.

Tolerâncias mínimas: são obtidas através de processos especiais de fundição, tal como "fundição de precisão".

Tabela I

Fórmula sugerida para tolerâncias dimensionais para peças em aço fundido não usinadas

	Abaixo de 300mm*	300mm a 900mm	900mm a 3.050mm
Média	$1,52 + .006 D$	$1,52 + .006D$	$2,03 + .006D$
Precisa	$1,02 + .005D$	$1,27 + .005D$	$1,78 + .005D$
Mínima	$0,76 + .004D$	$1,02 + .004D$	$1,52 + .004D$

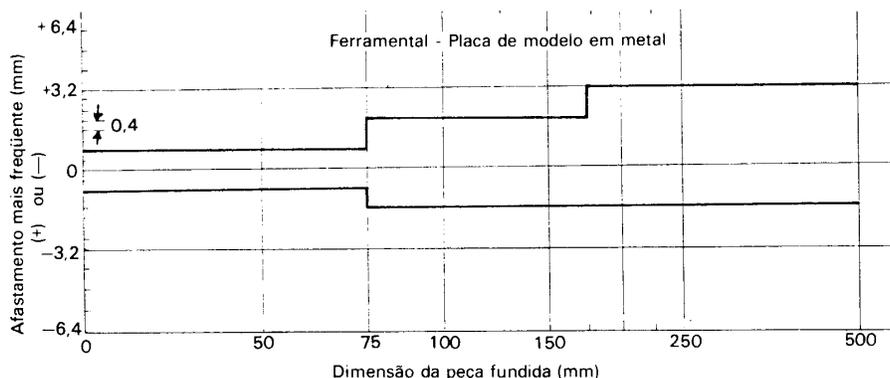
* 1,52 é a tolerância mínima D é a maior dimensão (mm)

O controle dimensional mais rígido é usado onde os benefícios podem ser derivados do uso de instrumentos especiais de medição ou do uso de operações de retífica. Obviamente, com a tolerância rígida o custo se torna mais alto.

A determinação de tolerâncias práticas para peças comerciais em aço fundido, não pode ser estabe-

lecida conforme a formulação dada, visto que para cada dimensão teria sua tolerância. Especificar tolerâncias que abrangem certas faixa de dimensão conforme figura 2, seria a forma mais prática para estabelecimento das mesmas.

Figura 2



A complexidade do perfil da peça em aço fundido também afeta as tolerâncias dimensionais. Em perfis simples podem ser estabelecidas tolerâncias mais estreitas do que em perfis complexos.

A classificação do perfil simples ou complexo depende do julgamento de cada fundidor. Como não se

pode especificar os perfis como regra estabelecida, experiências têm indicado que perfis complexos geralmente requerem tolerâncias médias e perfis simples podem ser feitos com tolerâncias precisas.

A figura 3 mostra 3 desenhos que são classificados como simples e a figura 4 ilustra 3 desenhos complexos.

Figura 3 Desenhos simples

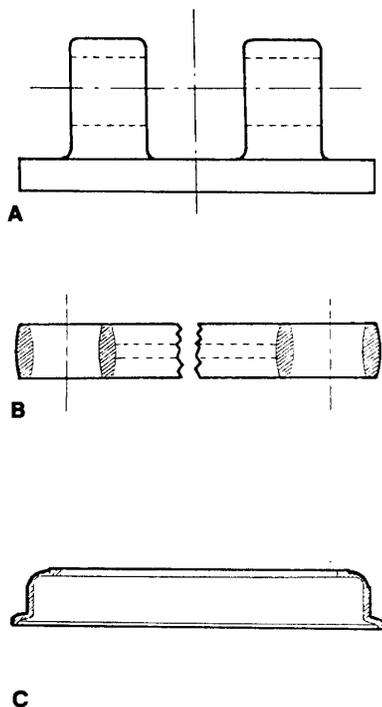
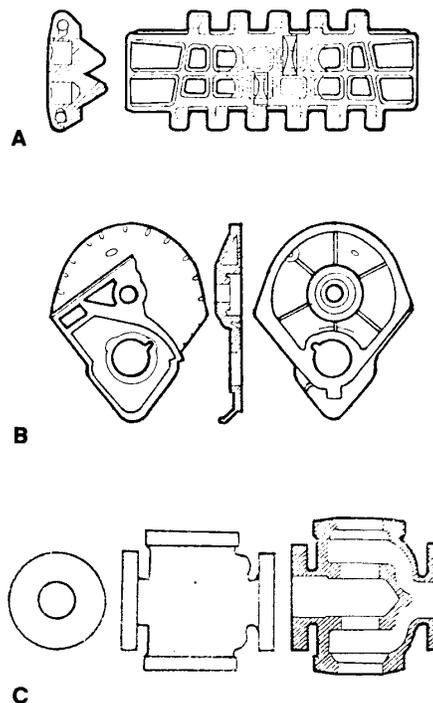


Figura 4 Desenhos complexos



Tolerâncias para peças brutas de aço fundido, produzidas em moldes de areia

Como método prático de aplicações de tolerâncias, existem padronizações de tolerâncias mais conhecidas como a ABNT NBR 6645 e DIN 1683.

A determinação de tolerâncias dimensionais dependem, principalmente, do equipamento e ferramental utilizados na produção e da grandeza de medida

nominal da peça. Portanto, para especificar a NORMA ou GRAU DE TOLERÂNCIA, deverá haver acordo prévio entre fornecedor e comprador.

As tabelas abaixo mostram os afastamentos dimensionais de peças brutas de aço fundido produzidas em moldes de areia, sem indicações de tolerância, conforme NORMA ABNT NBR 6645.

Tabela II Tolerâncias para dimensões lineares gerais

Grau de tolerância	Dimensões (mm)															
	até 10	acima de 10 até 20	acima de 20 até 30	acima de 30 até 50	acima de 50 até 80	acima de 80 até 120	acima de 120 até 180	acima de 180 até 250	acima de 250 até 320	acima de 320 até 400	acima de 400 até 500	acima de 500 até 630	acima de 630 até 800	acima de 800 até 1000	acima de 1000 até 1250	acima de 1250 até 1600
	GTA 1	—	± 4,5	± 5,0	± 5,5	± 6,0	± 6,5	± 7,0	± 7,5	± 8,0	± 9,0	± 9,5	± 10,0	± 11,0	± 12,0	± 14,0
GTA 2	—	± 3,0	± 3,2	± 3,4	± 3,7	± 4,0	± 4,5	± 4,8	± 5,0	± 5,5	± 6,0	± 6,5	± 7,0	± 7,5	± 8,5	± 9,0
GTA 3	—	± 1,2	± 1,5	± 1,6	± 1,7	± 1,8	± 2,0	± 2,2	± 2,3	± 2,5	± 2,6	± 2,9	± 3,0	± 3,3	± 3,5	
GTA 4	± 0,7	± 0,8	± 0,9	± 1,0	± 1,1	± 1,2	± 1,3	± 1,4	± 1,5	± 1,6	± 1,7	± 1,8	± 2,0			

Grau de tolerância	Dimensões (mm)															
	de 2000 até 2500	de 2500 até 3000	de 3000 até 3500	de 3500 até 4000	de 4000 até 4500	de 4500 até 5000	de 5000 até 5500	de 5500 até 6000	de 6000 até 6500	de 6500 até 7000	de 7000 até 7500	de 7500 até 8000	de 8000 até 8500	de 8500 até 9000	de 9000 até 9500	de 9500 até 10000
	GTA 1	± 17,0	± 18,0	± 20,0	± 22,0	± 24,0	± 26,0	± 30,0	± 34,0	± 38,0	± 42,0	± 46,0	± 50,0	± 54,0	± 58,0	± 62,0
GTA 2	± 10,0	± 12,0	± 14,0	± 16,0	± 18,0	± 20,0	± 22,0	± 24,0	± 26,0	± 28,0	± 30,0	± 32,0	± 34,0	± 36,0	± 38,0	± 40,0
GTA 3																
GTA 4																

Para classificação dos graus de tolerância, utiliza-se a abreviatura (GT), seguida da letra (A) para aço fundido, do número de grau de tolerância escolhido e da numeração desta NORMA.

por exemplo: - GTA 1 NBR 6645.

Para as dimensões afetadas pela linha de divisão do modelo deve-se acrescentar à tolerância da tabela II, o valor correspondente da tabela III.

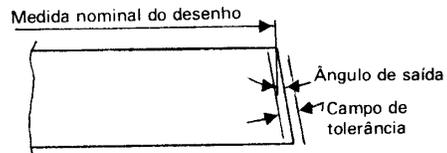


Tabela III

GTA 1	+ 4,0
GTA 2	+ 3,0
GTA 3	+ 1,6
GTA 4	+ 1,0

Notas:

1) Um ângulo de saída é necessário nas superfícies verticais para facilitar a remoção do modelo. A NORMA ABNT NBR 6645 especifica o valor da saída do modelo ou da caixa de macho em máx. 3°. E nas faces com saída de fundição a tolerância é aplicada simetricamente ao longo da face inclinada.

2) Para os valores de tolerância para empenamentos, torção e ovalização deverá haver acordo prévio entre fornecedor e comprador.

Tabela IV Afastamento angular

GTA 1	± 2°
GTA 2	± 1° 30'
GTA 3	± 1°
GTA 4	± 1°

Tabela V Afastamentos referentes à espessura de paredes

Grau de tolerância	Dimensões (mm)								
	até 10	acima de 10 até 20	acima de 20 até 30	acima de 30 até 50	acima de 50 até 80	acima de 80 até 120	acima de 120 até 160	acima de 160 até 250	
	GTA 1	± 3,0	± 3,5	± 4,0	± 4,5	± 5,0	± 5,5	± 6,0	± 7,0
GTA 2	± 2,5	± 2,8	± 3,2	± 3,6	± 4,0	± 4,4	± 4,8		
GTA 3	± 2,0	± 2,2	± 2,5	± 2,8	± 3,2	± 3,5	—		
GTA 4	± 1,0	± 1,1	± 1,2	± 1,3	± 1,4	—	—		

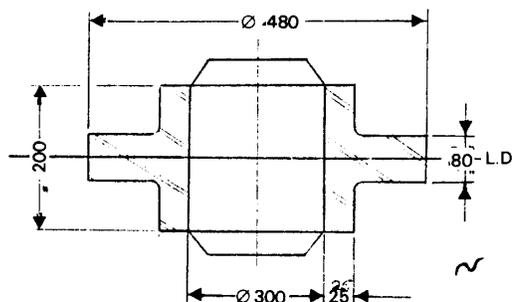
Para dimensões de espessuras que são afetadas pela linha de divisão do modelo, deve-se acrescentar a tolerância da Tabela V especificada, o valor correspondente à Tabela VI.

Tabela VI

GTA 1	± 2,0
GTA 2	± 1,5
GTA 3	± 0,8
GTA 4	± 0,6

A NORMA ABNT NBR 6645 recomenda que para os graus de tolerâncias indicadas nas Tabelas II, III, IV, V e VI, sejam utilizados da seguinte forma:

Exemplo de aplicação de tolerâncias



Considerando que a peça acima seja totalmente bruta e o grau de tolerância = GTA 3, temos:

a) Cota de Ø 480
 Conforme Tabela II = Ø 480 ± 2,6
 Como esta cota é afetada pela linha de divisão do modelo (Tabela III), temos:

$$\begin{matrix} + 2,6 & + 1,6 & + 4,2 \\ \text{Ø } 480 & - 2,6 & = \text{Ø } 480 & - 2,6 \end{matrix}$$

- GTA 1 - Moldagem Manual quando forem utilizados modelos de madeira e isopor.
- GTA 2 - Moldagem Manual quando forem utilizados modelos metálicos ou de plásticos, ou ainda Moldagem Mecanizada quando forem utilizados modelos de madeira.
- GTA 3 - Moldagem Mecanizada quando forem utilizados modelos metálicos ou plásticos.
- GTA 4 - Moldagem Mecanizada quando forem utilizados modelos metálicos ou plásticos em peças de máxima dimensão linear em torno de 350 mm, em placa metálica.

b) Cota de Ø 300:
 Conforme Tabela II = Ø 300 ± 2,3

c) Cota de 25:
 Conforme Tabela V = 25 ± 2,5
 Como esta dimensão é afetada pela linha de divisão do modelo (Tabela VI), temos:

$$\begin{matrix} + 2,5 & + 0,8 \\ 25 & - 2,2 & - 0,8 & = 25 \pm 3,3 \end{matrix}$$

d) Cota de 80:
 Conforme Tabela II = 80 ± 1,7
 Como esta cota é afetada pela linha de divisão do modelo (Tabela III), temos:

$$\begin{matrix} + 1,7 & + 1,6 & + 3,3 \\ 80 & - 1,7 & = 80 & - 1,7 \end{matrix}$$

e) Cota de 200:
 Conforme Tabela II = 200 ± 2,2
 Como esta cota é afetada pela linha de divisão do modelo (Tabela III), temos:

$$\begin{matrix} + 2,2 & + 1,6 & + 3,8 \\ 200 & - 2,2 & = 200 & - 2,2 \end{matrix}$$

Sobremetais de usinagem

Muitos fundidos são usinados em algumas das inúmeras faces. A quantidade de sobremetal de usinagem pode variar dependendo do projeto de fundição e da experiência de fundidores. Porém, os sobremetais de usinagem estão especificados na Tabela VII e são aceitáveis para muitos fundidos e poderia ser utilizado por projetistas como uma base de negociações preliminares com a Fundição. Devido ao aumento do custo com o acréscimo de sobremetal, o comprador poderia negociar e estudar juntamente com a Fundição para assegurar-se de que os sobremetais de usinagem do fundido são adequados e não excessivos.

➔ Nos sobremetais de usinagem incluirá também, as tolerâncias de peças brutas para determinar as dimensões do fundido.

O sobremetal de usinagem representa o estoque de metal adicionado no fundido para atingir com êxito a dimensão final solicitada.

Tabela VII

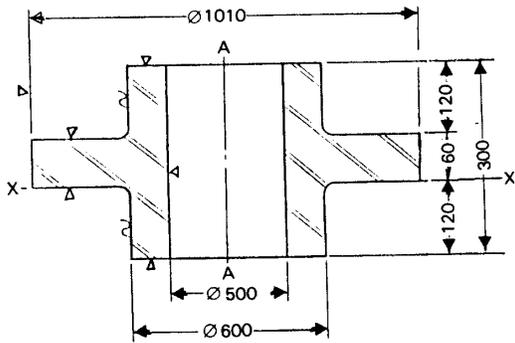
Dimensão especificada ou Distância do plano de referência (mm)	A maior dimensão da peça (mm)			
	até 250	250 a 500	500 a 2500	acima de 2500
Menor que				
até	(+)	(+)	(+)	(+)
—	50	50	50	50
50	125	125	125	125
125	250	250	250	250
250	500	500	500	500
500	1250	1250	1250	1250
1250	1900	1900	1900	1900
1900	2500	2500	2500	2500
2500	12500	12500	12500	12500

Sobremetal de usinagem para espessuras (mm)

Menor que	até	(+)
—	13	1,6
13	38	2,3
38	100	4,7
100	180	6,4
180	250	8,7
250	—	12,7

OBS: É o método de vários fabricantes de aço fundido deixar as superfícies superiores com sobremetais maiores que os sobremetais das superfícies inferiores, na ordem de 6,4 a 12,7mm maior que os especificados na Tabela VII.

Exemplo de aplicação de sobremetais de usinagem



A maior dimensão do fundido é $\varnothing 1010$. O plano de referência é XX. A linha de centro é AA.

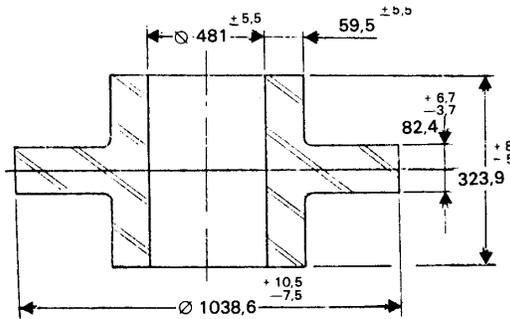
- a) Sobremetal para a face do $\varnothing 1010$:
A linha de centro AA divide esta cota em 505.
A dimensão de 505 pela tabela VII obtém-se o sobremetal de 14,3. ($505 + 14,3 = 519,3$)
- b) Sobremetal para o furo $\varnothing 500$:
A linha de centro AA divide esta cota em 250.
A dimensão de 250 pela Tabela VII obtém-se o sobremetal de 9,5. ($250 - 9,5 = 240,5$)
- c) Sobremetal para a face superior do cubo:
A face superior do cubo fica a 180 do plano de referência XX.
Portanto, o sobremetal é de $9,5 + 6,4$ (ver obs. abaixo da Tabela VII) = 15,9
($180 + 15,9 = 195,9$)
- d) Sobremetal para a face inferior do cubo:
A face inferior do cubo fica a 120 no plano de referência XX.
Portanto, o sobremetal é de 8. ($120 + 8 = 128$)

- e) Sobremetal para a face superior e inferior da aba:
A aba possui 60 de altura, sendo que a face superior fica a 60 do plano de referência XX.

Portanto:

- Sobremetal da face superior da aba = $8 + 6,4$
(ver obs. abaixo da Tabela VII) = 14,4.
- Sobremetal da face inferior da aba = 8.
($60 + 14,4 + 8 = 82,4$)

A peça fundida ficará com as seguintes dimensões:



Para determinação da tolerância foi considerado, para esta peça, o grau de tolerância GTA 2.

Bibliografia

- Steel Casting Design - Section 3 - Tolerance
- Steel Founder's Society of America
- Norma Rent NBR 6645

4

PRÁTICAS DE DESENHO

4

Práticas de desenhos

Generalidades	1
Desenho de peça acabada	1
Desenho da peça acabada com linhas de sobremetal	1
Desenho detalhado	1
Alterações	1
Vistas de cortes	1
Dimensões	2
Nome e aplicação do fundido	2
Requisitos do material	2
Requisitos de dureza	2
Referência de usinagem	2
Planos e pontos de referência	3
Tolerâncias da peça acabada	3
Tolerâncias da peça fundida	3
Folgas e planicidade	3
Arredondamento e raios	4
Forma	4
Peso	4
Tolerâncias de pesos	4
Métodos de inspeção	4
Áreas a serem inspecionadas	5
Testes de pressão	5
Áreas críticas altamente solicitadas	5
Ângulos de saída	5
Localização das gravações	5
Camada protetora	5
Acabamento	5

PRÁTICAS DE DESENHO

Generalidades

Esta norma é um manual de práticas de desenho a serem seguidas quando da confecção de desenho de peças a serem produzidas pelo processo de fundição.

Um fundido é uma peça conseguida com forma desejada, através da introdução de um metal derretido numa cavidade pré-moldada. O processo de fundição é um método direto de produção de peças para suas formas finais, tendo três atributos principais: flexibilidade de desenho; versatilidade e qualidade metalúrgica; benefícios econômicos.

Desenho de peça acabada

Um desenho mostrando as dimensões da peça acabada deve ser fornecido ao fundidor para determinação do método de moldagem e tipo de equipamento de moldar a ser utilizado. O conhecimento das superfícies a serem usinadas ajuda o engenheiro de fun-

Desenho da peça acabada com Linhas de Sobremetal

Um comprador de peças fundidas deseja uma continuidade no processo de usinagem e assegurado pela fundição, um fundido bruto contendo sobremetal para usinagem, uma espessura que deverá ser cuidadosamente controlada, afim de serem adaptadas aos vários processos e técnicas de usinagem. Em muitos casos, é aconselhável desenhar-se Linhas de Sobremetal, somente onde necessário para esclarecimento. (vide figura 1). Engenheiros de fundição deverão estudar o sobremetal proposto para usinagem para averiguar se é conveniente, se a quantidade é suficiente para a peça acabada, se não poderão discutir com o comprador antes da confecção do modelo.

Desenho detalhado

O desenho deve conter todas as dimensões, cortes necessários, raios (internos, externos), tamanho de todos furos com machos ou usinados, e todas as tolerâncias, desde que incluídas na ABNT, ASTM,

Alterações

Qualquer mudança introduzida após o desenho ter sido elaborado, deverão ser indicadas no quadro

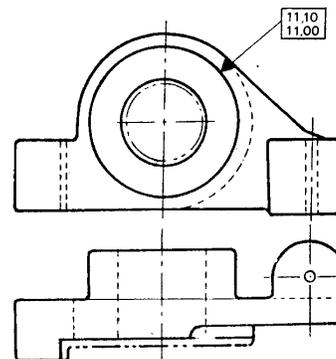
Vistas de cortes

Os desenhos deverão conter um uso livre de cortes. Estes são de muita ajuda na confecção do

Nenhum fundido tem valor comercial a menos que a peça tal qual a desenhada possam ser feitas na fundição, e a um custo que proporcionará seu uso efetivo e econômico. No entanto, o desenho do fundido deve ser entendido completamente por ambos, o modelador que faz o modelo da peça a ser fundida, e o fundidor que transforma o metal fundido na forma, dimensões, tolerâncias e material especificado. O desenhista deve conhecer quais informações são necessárias para o modelador e fundidor para transformar um desenho numa peça fundida.

dição na colocação do modelo no molde e capacitá-lo a conhecer em detalhes, os requisitos que a peça fundida deve se encontrar na sua forma final e pronta para uso.

Figura 1



Desenho de usinagem do fundido apresentando linhas de sobremetal como indicado no fundido.

SAE, DIM, JIS, dimensões e notas. O desenho deve estar numa escala conveniente, e incluir material e requisitos para inspeção.

de revisões do desenho. A data, assinatura ou números de revisão deverão estar claramente dispostos.

modelo, e na checagem das dimensões das peças fundidas.

Dimensões

Todas as dimensões deverão estar de acordo com Norma especificada, com atenção especial nas dimensões a serem controladas, que afetam a função do fundido. As dimensões do fundido são fixadas preferencialmente dos cantos vivos teóricos aos centros de cantos arredondados. (vide figura 2).

Figura 2



Pontos de intersecção deverão ser indicados pelo prolongamento da linha de tangência da superfície do fundido.

Dimensão do fundido para fundidos com cantos arredondados.

Nome e aplicação do fundido

O nome da peça, aplicação e uso, deverão ser incluídos no desenho. Informações adicionais darão ao engenheiro um entendimento mais amplo da natureza da peça e do tipo de sollicitação esperada. Conhe-

cimento sobre aplicação em baixa ou alta temperatura, resistência ao desgaste ou à corrosão, pressão, resistência ao impacto, etc, influem na escolha do processo de fundição.

Requisitos do material

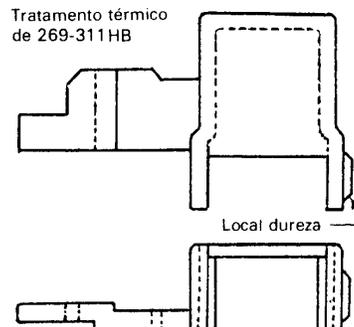
O metal fundido e as especificações da composição e/ou propriedades devem ser mencionadas no desenho. Sempre que possível, devem ser feitas referências a normas nacionais ou a internacionais conhecidas pelo número e classe. Normalmente as

mais utilizadas, ABNT, ASTM, SAE, DIN, JIS. Se a especificação foge das acima, assim como, normas internas, o desenho deverá conter as propriedades requeridas e referências a documentos preferencialmente em anexo.

Requisitos de dureza

Fundidos a serem submetidos a testes de dureza deverão ter a especificação constante no desenho, o qual deverá designar o local do teste de dureza, devendo ser estipulado um ressalto ou uma superfície plana na peça fundida no local do teste. Se o formato da peça não o permitir, a dureza deverá ser medida convenientemente em outra parte do fundido. (vide figura 3).

Figura 3

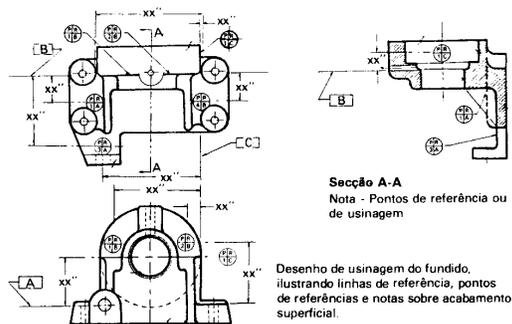


Notas para testes de dureza e faixa

Referências de usinagem

Todas as superfícies a serem usinadas deverão ser indicadas. Planos de referência para o traçado de usinagem, tais como, pontos de referência, pontos de fixação, pontos de montagem e posição das peças guias, devem ser definidos. (vide figura 4). Toda informação é necessária para ajudar o engenheiro na determinação da posição de moldagem da peça, a localização da rede de canais de alimentação e massalotes, sobremetal extra e requisitos para preparação da superfície.

Figura 4

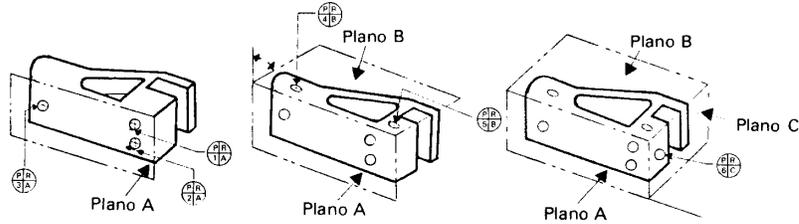


Planos e pontos de referências

Todas as dimensões significativas do fundido são relacionadas num mesmo plano de referência. Estes, por sua vez, a pontos de referência no fundido. Existem três planos, cada um perpendicular aos outros dois, em cada fundido. (vide figura 5). O plano A está definido por três pontos, e não em linha reta; o plano B está definido por dois pontos e é relacionado com o plano A; e o plano C por um ponto e este relacionando-se com os planos A e B.

O plano é precisamente localizado, servem de ponto de partida para certas dimensões dos fundidos que se estendem perpendicularmente a eles. Pontos de referência, são pontos de contacto de acessórios fixos, ou outros dispositivos designados para locar a peça fundida em uma posição determinada para medição ou usinagem. Os símbolos para determinar as tolerâncias nas dimensões das peças fundidas são mostrados na figura 5.

Figura 5



Planos de referência e pontos de usinagem.

Tolerâncias da peça acabada

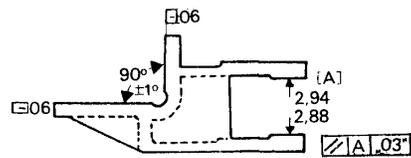
As tolerâncias ou limites dimensionais a serem obtidos na superfície usinada, deve ser observadas no

desenho. Esta informação é necessária para determinar as tolerâncias nas dimensões da peça.

Tolerâncias da peça fundida

As tolerâncias dimensionais das peças fundidas deverão ser especificadas no desenho. É recomendado que as dimensões não críticas devam ser regidas pelas tolerâncias do desenho, mas as críticas devem estar explícitas na própria cota, com a tolerância máxima permissível. (vide figura 6). Desvios da norma das dimensões lineares dos fundidos, para fundidos comerciais, depende do metal a ser fundido, tipo de construção do modelo e do processo de moldagem. Informações sobre normas e desvios mínimos estão mencionados no capítulo tolerâncias.

Figura 6



Notas sobre planicidade, perpendicularidade, paralelismo, e tolerâncias.

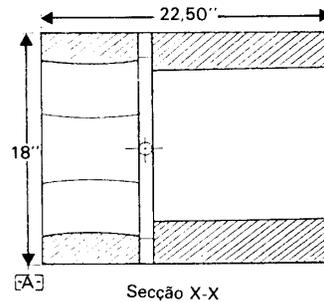
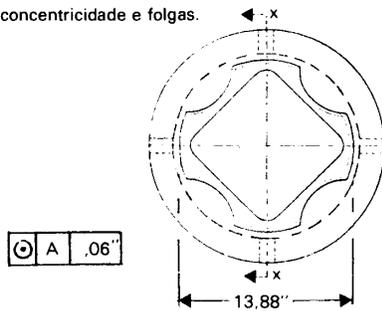
Folgas e planicidade

Requisitos dimensionais especiais, tais como, paralelismo, perpendicularidade, planicidade, concentricidade e folgas, devem ser observados no dese-

enho por meio de símbolos ou notas como ilustrado nas figuras 6 e 7.

Figura 7

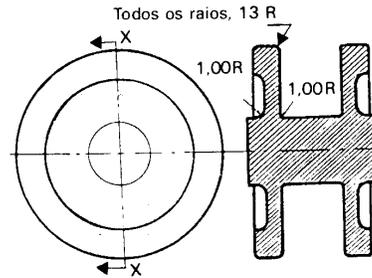
Tolerâncias de concentricidade e folgas.



Arredondamento e raios

Raios de arredondamento e raios dos cantos vivos devem ser especificados geralmente por notas no desenho quando de pouca importância; outra forma de serem especificados é pela proporção do desenho, conforme os manuais de fundição, segundo a especificação para cada tipo de material. (vide figura 8).

Figura 8



Variação média no peso do fundido + 5%

Indicação de raios e arredondamentos

Forma

Requisitos, normas, e características envolvidas com formatos dos fundidos não são usualmente o campo de estudo dos procedimentos de desenhos, e portanto, eles não estão incluídos neste manual. Porém, referências sobre formato do material está in-

cluído em todos manuais especializados em metais fundidos e desenhistas podem consultar os capítulos ou secções para obter informações referente aos requisitos de cada material.

Peso

O desenho deve conter informações do peso estimado ou peso real do fundido e da peça acabada.

Tolerâncias de pesos

As tolerâncias de peso para peças fundidas devem ser apresentadas no desenho se forem críticas, e se necessárias para aplicações específicas e utilização das peças (vide figura 8). Fundidos de metais e tama-

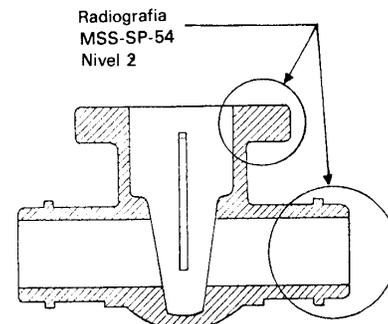
nhos diferentes tem tolerâncias de pesos diferentes. As tolerâncias aplicáveis ao metal fundido em questão, podem ser encontradas nas tabelas de manuais de fundição.

Métodos de inspeção

O desenho deve, também, apresentar notas com aceitação específica para as exigências de métodos especiais de inspeção, tais como, radiografia, inspeção por partículas magnéticas, líquido penetrante, ultrassom ou teste de pressão, ou teste destrutivos. (vide figura 9).

A norma nacionalmente conhecida ou especificações próprias deve constar do desenho. O uso indiscriminado do termo 100% inspecionado deve ser evitado para evitar custos elevados para execução dos requisitos que a peça não venha ser solicitada em serviço.

Figura 9



100% de inspeção por partículas magnéticas pela MSS SP-53 grau 2

Teste de pressão ANSI B 16.5-470 Libras

Notas identificativas de exigência de testes não destrutivos

Áreas a serem inspecionadas

O desenho deve apresentar a área a ser inspecionada por teste não destrutivo circundando-a ou por outra notação qualquer. (vide figura 9). Referências

devem ser feitas à MSS ou à outra instituição reconhecida, indicando-se descontinuidades e graus de severidade aceitável.

Testes de pressão

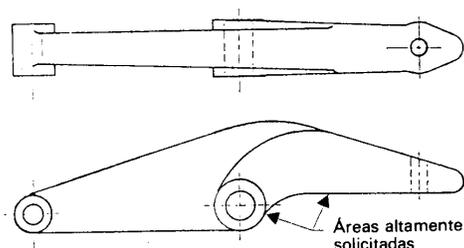
Os fundidos sujeitos a teste de pressão, devem trazer observações no desenho sobre detalhes do teste, por exemplo; a pressão a ser empregada; tipo de

fluido e temperatura de trabalho da peça, etc. (vide figura 9).

Áreas críticas altamente solicitadas

Quando um fundido possui áreas que são altamente solicitadas, estas devem estar definidas no desenho para que se estabeleça técnicas de processo. Devendo estas áreas serem identificadas por círculos ou setas ou outras designações apropriadas. (vide figura 10).

Figura 10

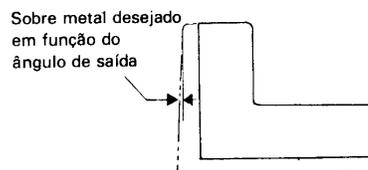


Designações de áreas altamente solicitadas.

Ângulos de saída

A conicidade do modelo que é aumentada na face vertical para permitir que o modelo seja removido da areia, sem que quebre as paredes do molde, é conhecido como ângulo de saída (vide figura 11). Os ângulos de saída não identificados no desenho, a não ser em regiões críticas. Se forem necessárias limitações, então a conicidade e a direção a ser utilizada deve estar explícita no desenho.

Figura 11



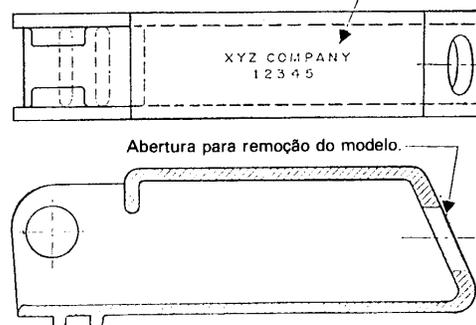
Conicidade do modelo (desenhada) para remoção do modelo do molde.

Localização das gravações

O desenho deve conter informações sobre a localização das gravações no fundido, e tamanho, tipo e local devem ser fornecidos. A nota deve esclarecer se a gravação é em alto-relevo ou não, fundido ou estampado, emblemas especiais, tipos materiais, etc. (vide figura 12).

Figura 12

Marca e números da peça como é mostrado através de números e letras em alto relevo conforme padrão.



Notas sobre gravações e aberturas para retirada do macho

Camada protetora

O engenheiro de fundição deve ser informado por uma nota no desenho se camadas protetoras (tais como galvanoplastia, pintura, etc.) serão aplicadas no

fundido. Tais informações irão ajudá-lo na produção do fundido se ele receber uma camada protetora.

Acabamento

O acabamento superficial das peças fundidas deverá estar de acordo com os graus de aceitação da norma MSS-SP-55 ou outras normas previamente estabelecidas de comum acordo entre fabricante e comprador.

A norma a ser seguida na inspeção visual dos fundidos poderá ser indicada no desenho de projeto.

Notas de desenhos, tais como fundidos, devem estar bem lisos, bem limpos, isentos de defeitos nocivos à aparência ou sua performance, não estão quantitativamente especificadas e não devem ser incluídas.

Elas não contém pontos de referências ou explicações do que constitui um defeito nocivo, ou como o liso é liso, ou quem é a autoridade que caracterizará os defeitos.

5

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Associação Brasileira de Fundação - ABIFA

Considerações Gerais

Generalidades	1
Tradução livre da MSS SP55 - Padrão de qualidade de fundidos de aço para válvulas, flanges e acessórios método visual	1
Definição da qualidade superficial por inspeção visual	1
Padrão de inspeção visual de fundidos de aço para válvulas, flanges e acessórios	1
Tabela de correlação dureza/resistência mecânica	4
Tabela de conversões de unidades mais usadas	4
Fórmulas para cálculo de volume de algumas figuras geométricas	5
Norma para cores de modelos para fundição	7

Considerações Gerais

Generalidades

Este capítulo tem como objetivo oferecer algumas ferramentas de trabalho para o relacionamento comprador e vendedor de fundidos de aço. Portanto nela

estão inclusas algumas tabelas e normas de uso geral no mercado de fundidos de aço.

Tradução livre da norma MSS SP55 *

Padrão de qualidade de fundidos de aço para válvulas, flanges e acessórios. (Método visual)

O objetivo da prática padrão MSS é ser usada como base pelo fabricante, consumidor e público, em geral. A existência da prática padrão MSS não exclui por si só, a fabricação, venda ou uso de produtos que não estejam de acordo com a prática padrão. A obrigatoriedade no uso só é estabelecida, quando explícita numa especificação, contrato de venda ou lei pública quando aplicável.

A conversão das dimensões métricas para polegadas nesta prática padrão não são exatas. Reconhece-se que esta variação de dimensões criará conflito na

aceitação entre as diferentes unidades de medidas. Em todo estes casos, esta prática prevê que qualquer medida dentro dos limites de tolerância de qualquer dos sistemas listados, estará de acordo com a prática padrão.

Mudanças consideráveis nesta edição, de 1984, estão marcadas com barras como mostrado neste parágrafo. O detalhe específico da mudança pode ser determinado pela comparação do trecho assinalado com aquele de edições anteriores.

Padrão de inspeção visual de fundidos de aço para válvulas, flanges e acessórios

Este padrão tem como objetivo complementar os requisitos das especificações ASTM A216, A217, A351, A352, A389, A487 e A744 e fornecer uma série de fotografias de referências típicas das várias irregularidades comuns a fundição de peças de aço submetidas a pressão e ilustrações de qualidades aceitáveis e rejeitáveis. O anexo A mostra a interpretação ASTM quanto a relação entre esta prática padrão e os níveis de texturas superficiais ilustradas na especificação A802 (ASTM) e adjunto n.º 12-108020-02 e os níveis de qualidade superficial ilustrados pe-

los comparativos e fotografias dos comparativos SCRATA para a definição da qualidade superficial de fundidos do aço.

Para que teste adicionais, não destrutivos, definam a qualidade de fundidos de aço este padrão deve ser suplementado pelas práticas padrão MSS para fundidos de aço: SP53 para método de exame de partículas magnéticas; SP54 para método de exame radiográficos SP93 para método de exame por líquido penetrante e SP94 para método de exame ultrassônico.

Definição da qualidade superficial por inspeção visual

Doze tipos comuns de irregularidades de superfície são aqui caracterizadas, cinco exemplos de cada tipo sendo incluído. Os dois exemplos mostrados, caracterizam níveis aceitáveis do particular caso de irregularidades.

Os três exemplos a direita são caracterizados por conterem níveis inaceitáveis de defeitos.

Reconhece-se que se pode encontrar problemas na avaliação de superfície de fundidos, devido a grande variação de tamanhos e espessura de seções, usando-se o mesmo jogo de padrões. Este guia tem como objetivo minimizar o efeito "tamanho" sendo usado em geral para qualquer área de 100x125 mm (4"x5").

Fotografias de referência

Estão incluídas aqui, 60 fotografias (vide a norma MSS SP55) ilustrando várias irregularidades de superfície de fundidos observáveis por inspeção visual. Estas fotografias, são exemplos em tamanho real de gradações em níveis aceitáveis e inaceitáveis de irregularidades. Irregularidades menores que aquelas citas como não aceitáveis, deverão ser aceitas de acordo com este guia.

As fotos incluídas são de fundidos reais e podem exibir irregularidades que não aquelas ora caracterizada. Cada tipo de irregularidade superficial deverá ser julgada somente com a série de fotos identificadas com o tipo.

Terminologia para as fotos de referência

Deve-se notar que todas as definições e discussões de terminologias são aplicáveis somente as irregularidades superficiais e não aos defeitos internos. Os tipos de irregularidades superficiais ilustradas nas fotografias são as seguintes:

Tipo I - Trincas de contração

As descontinuidades de superfície linear ou fraturas causadas tanto por tensão interna como externa ou a combinação destes dois fatores atuando no fundido. Podem ocorrer durante ou após a solidificação. Em geral, as trincas superficiais visíveis e/ou trincas de contração não são aceitáveis.

Tipo II - Rechupe

Vazio deixado em metais fundidos como resultado de contração da solidificação e progressivo resfriamento do metal a que é submetido.

Tipo III - Inclusões de areia

Areia que se mantém incrustada no metal fundido sendo visível na superfície do mesmo.

Tipo IV - Porosidade gasosa

Vazio no metal causado por gases durante a solidificação.

Tipo V - Veimento

Características da superfície de fundidos como um ressalto, sempre, associadas com o movimento ou trincas do molde.

Anexo A

Comparação de critérios de aceitação MSS SP com padrões ASTM e SCRATA, cobrindo padrões de qualidade de acabamento superficial.

A1) Objetivo

Outras associações tem publicado padrões ilustrando diversos níveis de textura superficial e irregularidades classificadas como "tipo". Os dois padrões discutidos neste anexo, não identicam níveis específicos como aceitáveis, deixando isso para a especificação do produto ou contrato.

Este anexo foi incluído com o intuito de mostrar a interpretação MSS quanto aos níveis de descontinuidade por tipo, que seriam alcançados por fundidos incluídos no SP55.

A2) Campo

ASTM — Especificação A802, juntamente com ad-junto N. 12-10802002 fornece jogos de fotos referên-cia e descrições pelas quais compradores e fornece-

Tipo VI - Rabos de rato

Características da superfície de fundidos como depressões resultantes de falhas ou ondulações na superfície dos moldes.

Tipo VII - Rugas, dobras, fendas e rebarbas

Irregularidades de superfície causadas por fusão incompleta ou dobramento de superfícies de metais fundidos.

Tipo VIII - Marcas de corte

Irregularidades de superfície de fundidos causa-das durante a remoção de canais e massalotes.

Tipo IX - Crostas

Bolhas de superfície ligeiramente salientes, sen-do formadas por areia incrustada em uma camada fina e porosa de metal.

Tipo X - Chapelim

Evidencia de chapelim na superfície de fundidos revelando fusão incompleta do mesmo.

Tipo XI - Áreas de reparo por solda

Evidência de superfície impropriamente acabada em regiões reparadas por solda.

Tipo XII - Rugosidade superficial

Textura grosseira da superfície devido a desenho, modelo, canais de alimentação ou condições da areia.

dores, poderão selecionar padrões de exame visual de aceitação de superfície. A especificação requer a soli-citação ou ordem indicando os limites aceitáveis.

Os Comparadores SCRATA são réplicas plásticas de superfície reais de fundidos cada qual sendo tam-bém representada por fotografia. A especificação sugere que os critérios de aceitação sejam designados dos desenhos.

O critério de aceitação MSS SP55 foi revisado com-parativamente com os padrões ASTM e SCRATA, de modo a designar o critério de aceitação de cada tipo equivalente ao critério de 55. As comparações publi-cadas neste anexo, representam a interpretação MSS, tendo como objetivo, auxiliar aqueles que esti-verem interpretando os padrões ASTM e SCRATA.

Tabela 1

A tabela de níveis de aceitação da ASTM A802 e dos comparadores SCRATA considerados equivalen-tes no critério da MSS SP55.

Tabela A1

Tabela de níveis de aceitação da ASTM A802 e dos comparadores SCRATA considerados equivalentes ao critério da MSS SP55.

Classificação da MSS SP55	ASTM A802	Comparador SCRATA
Tipo I - trincas de contração (não aceitáveis)	Não aceitável	Não aceitável
Tipo II - rechupe	Figura 2, nível 1 ou melhor	Sem exemplos usar MSS SP55
Tipo III - inclusões de areia	Figura 3, nível 1 ou melhor	Comparador B2 ou melhor
Tipo IV - porosidade gasosa	Figura 6, nível 2 ou melhor	Comparador C2 ou melhor
Tipo V - veiaamento	Figura A8 não aceitável usar MSS SP55	Sem exemplos usar MSS SP55
Tipo VI - rabo de rato	Figura A9 não aceitável usar figura 7, nível 1 ou melhor	Sem exemplos usar MSS SP55
Tipo VII - rugas, dobras, fendas e rebarbas	Figura 7, nível 2 ou melhor. Figura 8, nível 1 ou melhor	Comparador D2 ou melhor
Tipo VIII - marcas de corte	Figura 10, nível 2 ou melhor. Figura 11, nível 1 ou melhor	Comparador G2 ou melhor. Comparador H4 ou melhor
Tipo IX - crostas	Figura A10 não aceitável, usar MSS SP55	Comparador E1 ou melhor
Tipo X - chapelim	Figura 12, nível 1 ou melhor	Comparador F2 ou melhor
Tipo XI - áreas de reparo por solda	Figura A17 não aceitável, usar MS	Comparador J13 ou melhor
Tipo XII - acabamento superficial	S.I.S. nro. 3 ou melhor	Comparador A3 ou melhor

Anexo B - Documentos referenciados

Publicações ASTM

- ASTM - A216-83 — Especificação padrão para fundidos de aço para solda e trabalho a alta temperatura.
 - ASTM - A217-83 — Especificação padrão para fundidos de aço inoxidável martensítico e ligados para peças submetidas a pressão, próprias para trabalho a alta temperatura.
 - ASTM - A351-83 — Especificação padrão para fundidos de aço austenítico para alta temperatura
 - ASTM - A352-83a — Especificação padrão para aços ferríticos e martensíticos para peças submetidas a pressão e próprias para baixa temperatura.
 - ASTM - A389-83 — Especificação padrão para fundidos de aço liga especialmente tratado térmicamente para peças submetidas a pressão e próprias para alta temperatura.
 - ASTM - A487-83 — Especificação padrão para fundidos de aço para peças submetidas a pressão.
 - ASTM - A744-83 — Especificação padrão para fundidos a base de ferro — cromo — níquel, níquel, resistentes a corrosão para serviço severo.
 - ASTM - A802-82 — Prática padrão para fundidos de aço para avaliação de descontinuidade e textura pelo método visual.
- ASTM - PCN:**
- 12-108020-02 — Fotografias de referência e descrições para ASTM A802.

Publicações MSS

- MSS SP53-1980 — Padrão de qualidade para fundidos e forjados de aço para válvulas, flanges e outros componentes de tubulação — métodos de exame por partícula magnética.

- MSS SP54-1980 — Padrão de qualidade para fundidos de aço para válvulas, flanges e outros componentes de tubulação — métodos de exame radiográfico.
- MSS SP93-1980 — Padrão de qualidade para fundidos e forjados de aço para válvulas, flanges e outros componentes de tubulação — método de exame por líquido penetrante.
- MSS SP94-1980 — Padrão de qualidade para fundidos de aços ferríticos e martensíticos para válvulas, flanges e outros componentes de tubulação - método de exame ultrassônico.

Publicações SCRATA

Compradores para definição de qualidade superficial de fundidos de aço

As publicações podem ser obtidas de:

ANSI - American National Standards Institute, Inc.
1430 Broadway
New York - NY 10018 - USA

ASTM - American Society for Testint Materials
1916 Race Street
Philadelphia - PA 19103 - USA

MSS - Manufactures Standardization Society of the Valve and Fittings Industry, Inc.
127 Park Street, N.E.
Vienna - VA 22180 - USA

SCRATA - Steel Castings Research and Trade Association
5 East Bank Road
Sheffield S2 3PT, England.

Tabela de correlação dureza/resistência a tração Valores conforme DIN 50150

Resistência a tração N/mm ²	Resistência														
	HB	HRC	HV (F 49 N)		HB	HRC	HV (F 49 N)		HB	HRC	HV (F 49 N)		HB	HRC	HV (F 49 N)
300	88	—	88	560	167	—	167	820	246	—	246	1080	321	—	321
320	93	—	93	580	172	—	172	840	252	23	252	1100	325	33	325
340	99	—	99	600	179	—	179	860	257	24	257	1120	333	34	333
360	105	—	105	620	184	—	184	880	263	—	263	1140	337	—	337
380	111	—	111	640	191	—	191	900	269	26	269	1150	341	35	341
400	119	—	119	660	195	—	195	920	275	—	275	1180	350	36	350
420	124	—	124	680	202	—	202	940	282	28	282	1200	354	—	354
440	130	—	130	700	207	—	207	960	288	29	288	1210	359	37	360
460	137	—	137	720	213	—	213	980	292	—	292	1250	368	38	370
480	143	—	143	740	219	—	219	1000	298	30	298	1270	378	39	382
500	149	—	149	760	226	19	226	1020	—	—	—	1290	383	40	388
520	154	—	154	780	234	20	234	1040	309	—	309	1360	404	42	415
540	161	—	161	800	241	21	241	1050	313	32	313	1400	415	43	430

Tabelas de conversão de unidades mais usadas

Força				Resistência Mecânica			
	kp	J/cm	N		kp/mm ²	kp/cm ²	N/mm ²
kp	1	9,81 · 10 ⁻²	9,81	kp/mm ²	1	100	9,81
J/cm	10,2	1	100	kp/cm ²	0,01	1	9,81 · 10 ⁻²
N	0,102	0,01	1	N/mm ²	0,102	10,2	1

Pressão							
	at	Torr	mm H ₂	bar	N/mm ²	Pa	
at (1 at = 1 kp/cm ²)	1	736	10 ⁴	0,981	9,81 · 10 ⁻²	9,81 · 10 ⁴	
Torr (1 Torr = 1 mm Hg)	1,36 · 10 ⁻³	1	13,6	1,333 · 10 ⁻³	1,33 · 10 ⁻⁴	133,3	
mm H ₂ O (1 mm WC = 1 kp/m ² 10 ⁻⁴)		7,36 · 10 ⁻²	1	9,81 · 10 ⁻⁵	9,81 · 10 ⁻⁶	9,81	
bar (1 bar = 0,1 MPa)	1,02	750	1,02 · 10 ⁴	1	0,1	10 ⁵	
N/mm ² = 10 bar)	10,2	7500	1,02 · 10 ⁵	10	1	10 ⁶	
Pa (1 Pa = 1 N/m ²)	1,02 · 10 ⁻⁵	7,5 · 10 ³	0,102	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	1	

Energia					Impacto			
	kcal	kpm	kWh	J Nm Ws	Tipo de ensaio	kpm/ cm ²	kpm	J
kcal	1	427	1,16 · 10 ⁻³	4,19 · 10 ³	Ensaio DVM	kpm/cm ² 1 J 0,1457	0,7	6.864
kpm	2,34 · 10 ³	1	2,72 · 10 ⁻⁶	9,81	Ensaio ISO 'V'	kpm/cm ² 1 J 0,1275	0,8	7.8453
kWh	860	3,67 · 10 ⁵	1	3,6 · 10 ⁶	Ensaio ISO 'R'	kpm/cm ² 1 J 0,2039	0,5	4.90332
J Nm Ws	2,39 · 10 ⁴	0,102	2,78 · 10 ⁻⁷	1			0,102	1

Tabelas de conversão de unidades mais usadas

Condutividade Térmica

	$\frac{\text{cal}}{\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}}$	$\frac{\text{J}}{\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}}$ oder $\frac{\text{W}}{\text{cm} \cdot ^\circ\text{C}}$	$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$
cal/cm · s · °C	1	4,1868	4,1868 · 10 ²
J/cm·s·°C = W/cm·°C	0,2388	1	100
W/m · °C	2,383 · 10 ⁻³	0,01	1

Calor Específico

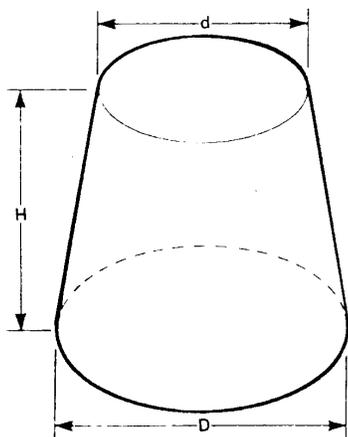
	$\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$	$\frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$
cal/g · °C	1	4,1868
J/g · °C	0,2388	1

Potência

	kpm/s	HP	kcal/s	kcal/h	kW	$\frac{\text{W}}{\text{J/s}}$ $\frac{\text{Nm/s}}$
kpm/s	1	1,33 · 10 ⁻²	2,34 · 10 ⁻³	8,43	9,81 · 10 ⁻³	9,81
HP	75	1	0,176	632	0,736	736
kcal/s	427	5,69	1	3600	4,19	4,19 · 10 ⁻³
kcal/h	0,119	1,58 · 10 ⁻²	2,778 · 10 ⁻⁴	1	1,16 · 10 ⁻³	1,16
kW	102	1,36	0,239	860	1	1000
W						
J/s	0,102	1,36 · 10 ⁻³	2,39 · 10 ⁻⁴	0,860	0,001	1
Nm/s						

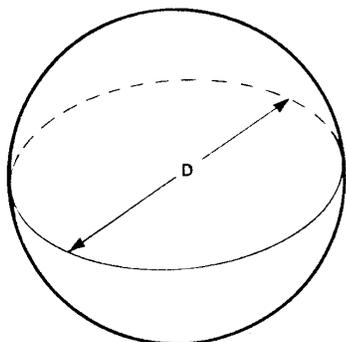
Fórmulas para cálculo de volume de algumas figuras geométricas

Tronco do cone



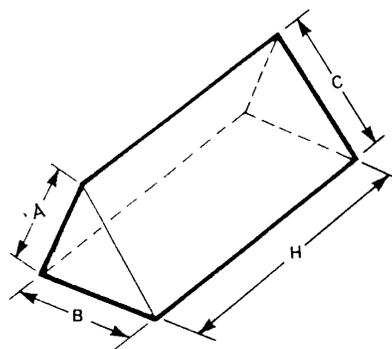
$$V = 0,2618 \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) \cdot H$$

Esfera



$$V = 0,5236 \cdot D^3$$

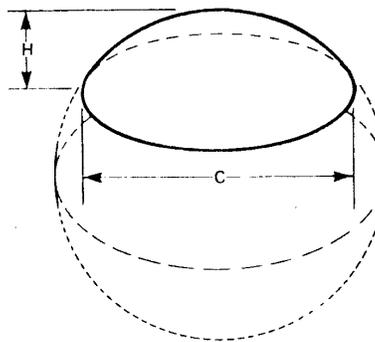
Prisma triangular



$$V = A_t \cdot H$$

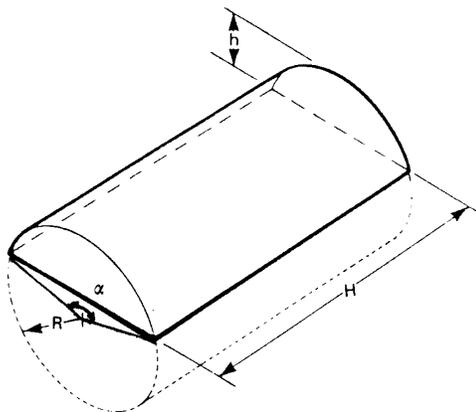
At = Área do Triângulo

Calota esférica



$$V = \pi \cdot H \cdot \left(\frac{C^2}{8} + \frac{H^2}{6} \right)$$

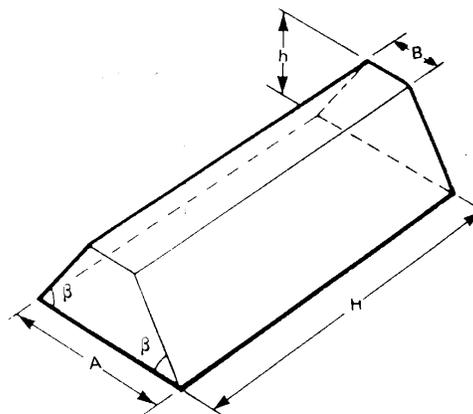
Segmento cilíndrico



$$V = 1/2 [0,01745 \cdot R^2 \cdot \alpha - 2 \sqrt{h(2R-h)} (R-h)] \cdot H$$

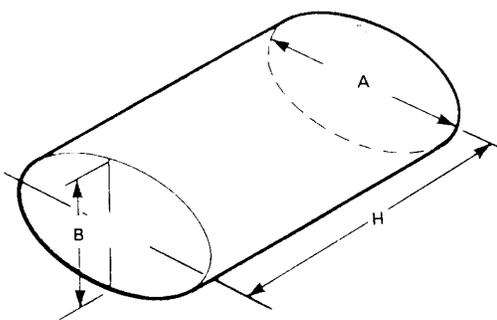
α = Ângulo em radianos

Prisma trapezoidal



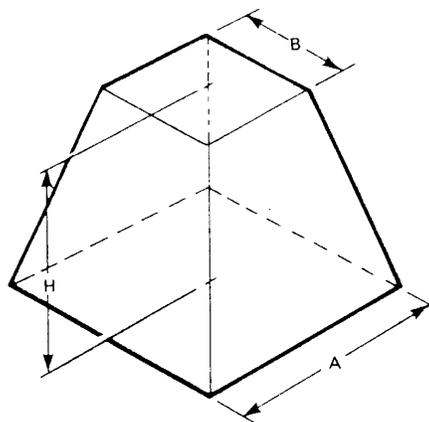
$$V = \frac{(A+B)}{2} \cdot h \cdot H$$

Coluna elíptica



$$V = 0,7854 \cdot A \cdot B \cdot H$$

Tronco de pirâmide



$$V = (A^2 + B^2 + \sqrt{A^2 \times B^2}) \cdot \frac{H}{3}$$

NORMA PARA CORES DE MODELO PARA FUNDIÇÃO



Amarelo: faces a serem usinadas.



Amarelo hachurado de preto: furos de machos a serem usinados.



Verde: faces e sedes de suplementos destacáveis.



Vermelho: cor indicativa do ferro fundido.



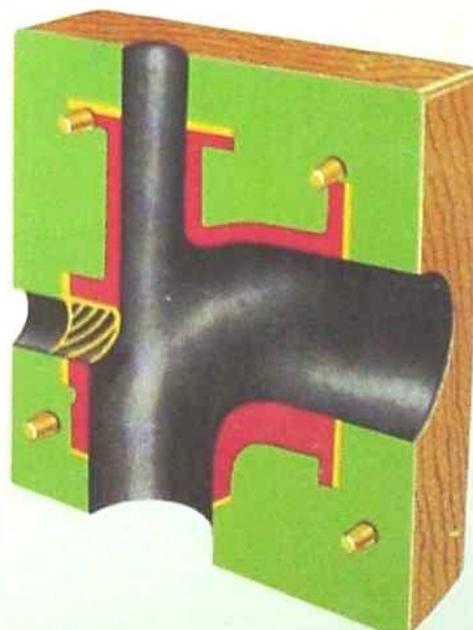
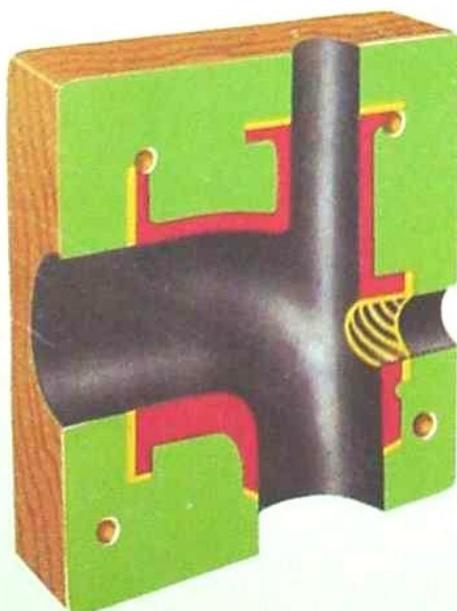
Vermelho hachurado de preto: nervuras e reforços a serem destacados após a fundição.



Madeira natural: reforço de modelo para ser enchido na moldação.



Preto: marcações de macho.



NORMA PARA CORES DE MODELO PARA FUNDIÇÃO



Amarelo: faces a serem usinadas.



Amarelo hachurado de preto: furos de machos a serem usinadas.



Verde: faces e sedes de suplementos destacáveis.



Azul: cor indicativa de aço moldado.



Azul hachurado de preto: nervuras e reforços a serem destacados após a fundição.



Madeira natural: reforço de modelo para ser enchido na moldação.



Preto: marcações de macho.

