

X V

AÇOS PARA CEMENTAÇÃO E NITRETAÇÃO

1 — **Cementação** — O enriquecimento superficial em carbono nos aços, proporcionado pela cementação, visa produzir uma superfície de alta dureza e resistência ao desgaste, suportada por um núcleo tenaz. Em princípio, inúmeros tipos de aços apresentam condições satisfatórias para esse fim. É preciso considerar, entretanto, que a cementação exige tratamento térmico relativamente complexo, de modo que a seleção do aço para peças cementadas não pode ser feita baseada somente na aplicação final do material, mas também tendo em vista o tratamento térmico que vai sofrer. De início, portanto, dois fatores básicos devem ser levados em conta ao se escolher um aço para cementação:

- a) **meio de esfriamento** a ser usado na têmpera após a cementação;
- b) **tipo e grau de tensões** a que as peças poderão estar sujeitas.

a) **Meio de esfriamento** — As principais variáveis a serem aqui consideradas são: forma e seção das peças e distorção ou empenamento tolerável. Os meios usualmente empregados na cementação são água ou soluções aquosas e óleo. Os primeiros são os mais drásticos e são empregados quando as peças são de forma simples, ou apresentam seções apreciáveis e também quando o perigo de empenamento é muito pequeno. Além de se caracterizarem pela alta velocidade de esfriamento, esses meios são de baixo custo e facilitam a limpeza final das peças. O óleo é recomendável quando as peças apresentam seções complexas ou finas, as quais são mais propícias ao empenamento ou mesmo à ruptura na têmpera. É evidente que, em qualquer caso, a velocidade de esfriamento deve permitir a obtenção da dureza superficial desejada e as propriedades convenientes de tenacidade e resistência do núcleo. Neste caso, a velocidade crítica de esfriamento do aço ou seja, o tipo de aço a ser usado constitui o fator preponderante. Quando a única exigência é a máxima dureza superficial a escolha recairá num aço de baixo carbono sem ou com teores mínimos de elementos de liga e em água ou, preferivelmente, soluções aquosas como meio de têmpera, desde, é claro, que o formato e as dimensões das peças permitam a utilização desse meio de esfriamento.

Quando o formato e as dimensões das peças sob cementação forem tais que há probabilidade de ruptura ou empenamento pela utilização de um meio drástico de esfriamento, a escolha recairá em óleo, como meio de têmpera, e num aço apresentando teores convenientes de elementos de liga para que sua veloci-

dade crítica de esfriamento produza edurecimento satisfatório devido ao emprêgo do meio de têmpera mais brando. Esses aços, com teores apreciáveis de elementos de liga são também vantajosos sob o ponto de vista de propriedades finais do núcleo.

b) **Tipo e grau de tensões** — As variáveis que aqui entram em jogo são principalmente: espessura e estrutura metalográfica da camada cementada, propriedades mecânicas do núcleo e característicos da zona de transição.

— **camada cementada** — em linhas gerais, pode-se dizer que dois tipos de camadas cementadas são usadas: **hiper-eutetoides** quando se visa em primeiro lugar alta resistência ao desgaste; **eutetoides ou ligeiramente hipo-eutetoides** quando o requisito importante da superfície endurecida é alta tenacidade, visto que um rendilhado de carboneto livre intergranular presente nos aços hiper-eutetoides é mais propício para conferir fragilidade.

No caso da aplicação em que o desgaste é fator importante deve-se também procurar a produção de uma camada com espessura razoável, pois com isso se prolonga a vida das peças.

Sob o ponto de vista de dureza e resistência da camada cementada, a introdução de elementos de liga pouco afeta essas propriedades. Entretanto, os elementos de liga parecem influir no teor de carbono dessa camada assim como na sua profundidade. Assim é que os elementos formadores de carbonetos, principalmente o cromo e o molibdênio (manganês também, se bem que em menor escala), tendem a produzir carbono elevado na superfície; os elementos formadores de ferrita, como o silício e o níquel (êste em altos teores) tendem a produzir baixo carbono. Por outro lado, a espessura da camada cementada e o gradiente de carbono dependem da difusão do carbono, a qual por sua vez é afetada principalmente pela temperatura e pelo tempo. Vários autores admitem também que os elementos de liga possam influenciar a profundidade de cementação e a velocidade de penetração do carbono na superfície.

Outra opinião mais ou menos generalizada é que a tenacidade da camada cementada pode ser melhorada pela presença de certa quantidade de austenita residual. A austenita pode ser retida por têmpera direta em muitos tipos de aços para cementação, principalmente quando o teor de carbono superficial é elevado. A tendência à formação da austenita residual é acentuada por teores mais elevados de elementos de liga (além do carbono mais alto), pela temperatura de têmpera e pelo emprêgo de óleo como meio de esfriamento, em lugar da água.

Lembre-se que a temperatura de revenido para os aços cementados é geralmente baixa — 150° (ou menos) a 175° C — de modo a reter a estrutura martensítica dura; na realidade há passagem da martensita tetragonal à martensítica cúbica. De qualquer modo, as temperaturas mencionadas não são suficientes para eliminar a austenita retida quando esta está presente.

O efeito aparentemente benéfico da austenita retida parece provir do fato dela produzir como que um efeito de amortecimento, o que diminue a criação de tensões internas ou mesmo a formação de verdadeiras fissuras nas agulhas de martensita. Nessas condições, a resistência à fadiga também deverá ser melhorada pela presença de austenita retida. Convém, entretanto, esclarecer que as vantagens ou desvantagens da retenção da austenita ainda estão por ser definitivamente comprovadas.

— **núcleo** — aparentemente deve-se procurar produzir um núcleo o mais possível tenaz. A importância da tenacidade do núcleo parece, entretanto, ter sido exagerada. De fato, nada adianta um núcleo excepcionalmente tenaz, se se tiver produzido uma fissura na camada superficial rica em carbono, pois essa fissura propagar-se-á rapidamente através do núcleo, por mais tenaz que ele seja. Conclui-se que parece ser muito mais importante produzir uma camada cementada muito tenaz e convenientemente suportada. A menor importância que se tem dado à tenacidade do núcleo, tem permitido substituir os aços com 0,1 % de carbono pelos de 0,2 % de carbono, que são mais facilmente usináveis.

— **zona de transição** — o ideal é produzir-se uma zona de transição gradual, a qual proporcionará o melhor suporte para a camada cementada. Duas variáveis afetam a qualidade da zona de transição: difusão e estrutura. Se a difusão é insuficiente, produz-se-á uma zona de transição muito viva, que favorecerá o lascamento da superfície. Com difusão constante, a resistência da zona de transição dependerá da sua estrutura que pode ser ferrita, perlita ou bainita. Quanto maior a endurecibilidade do aço, tanto mais resistente a zona de transição. Uma das razões do emprêgo de aços-liga para a cementação seria essa. Também a adição de boro é muito eficiente na produção de uma zona de transição mais gradual e mais resistente. De fato, o boro, que pouco afeta a endurecibilidade de aços eutetoides ou hiper-eutetoides, é muito eficiente nesse sentido à medida que o carbono diminui, o que se dá exatamente na zona de transição dos aços cementados.

Em resumo: o melhor suporte da camada cementada é dado por uma zona de transição gradual e resistente; sob esse aspecto, quanto maior a endurecibilidade do aço tanto melhor. Daí uma das principais razões de serem empregados aços-liga para a cementação e o motivo pelo qual se tende à utilização de aços com carbono mais elevado; com isso, além de se melhorar o suporte da camada cementada, produz-se também núcleos mais resistentes. A não ser que as condições de serviço exijam uma camada cementada muito espessa, prefere-se camadas relativamente finas, com núcleos de carbono mais elevado, portanto mais resistentes e que dão melhor suporte à superfície endurecida.

2 — **Aços para cementação** — Do exposto acima, verifica-se que a tendência atual na produção de peças cementadas é a utilização de aços-liga. A introdução de elementos de liga, entretanto, quando em teores apreciáveis reflete-se no custo dos aços, além de afetar, tornando mais difíceis, as operações de fundição, forjamento, laminação e tratamentos térmicos. Por êsse motivo, procura-se utilizar, sempre que possível, para as aplicações mais simples, aços-carbono ou, quando necessário, aços de baixo teor em liga, com o carbono mais elevado do que nos aços simplesmente ao carbono. Em certos casos, entretanto, devido às secções e formas das peças cementadas, pode-se ter necessidade de um aço de alta endurecibilidade. Nesse caso, a solução é introduzir elementos de liga em altos teores para garantir o endurecimento máximo.

Os aços para cementação são, portanto, de três tipos :

- a) aços-carbono;
- b) aços-liga de baixo teor em liga;
- c) aços-liga de alto teor em liga.

a) **Aços-carbono para cementação** — O teor normal de carbono nesses aços é 0,08 a 0,25 %, os outros elementos aparecendo nas porcentagens usuais. O tipo padrão é o SAE 1020 empregando-se também a variação com manganês mais alto (0,70 a 1,0 % de Mn) devido a apresentar melhor usinabilidade e à capacidade de carbonetar e endurecer com menor tendência à formação de pontos moles, em relação ao primeiro. O seu tratamento térmico é fácil e perfeitamente controlável. Apesar de não apresentarem uma resistência e uma tenacidade tão boa como as dos aços-liga, êsses aços convenientemente cementados, temperados e revenidos, são capazes de adquirir um núcleo suficientemente tenaz (cuja resistência pode chegar a 70 kg/mm²) combinado a uma superfície carbonetada de grande dureza, o que os torna indicados a uma grande variedade de aplicações, em que o principal requisito é superfície dura e resistente ao desgaste. Exemplos típicos são: pinos, pequenas engrenagens, alavancas, eixo de comando de válvulas, fusos, roletes, pequenos mecanismos, enfim, peças que não estão sujeitas a solicitações severas de outra natureza a não ser desgaste superficial.

b) **Aços-liga de baixo teor em liga** — Êsses aços-liga são os que contêm um total de 1 a 2 % de elementos de liga, como níquel, cromo, molibdênio e manganês, em combinações adequadas. A introdução dêsses elementos confere suficiente endurecibilidade de modo a se obter dureza elevada por têmpera em óleo, além de alta resistência à tração (até 140 kg/mm²) com apreciável dutilidade do núcleo. A resistência do núcleo pode ser ainda melhorada, aumentando-se o teor de carbono até 0,40%.

Os aços de baixo teor em liga mais comumente empregados em cementação correspondem às séries SAE 3100, 4100, 4600 e 6100 e às NE («National Emergency») *, 8000, 8600, 8700 e 9400. Algumas composições típicas, com exemplos de aplicações, são apresentadas na Tabela XVII.

As propriedades mecânicas comparativas no estado tratado termicamente e as temperaturas recomendadas de têmpera para obtenção da máxima tenacidade em pequenas barras cementadas são apresentadas na Tabela XVIII.

c) **Aços-liga de alto teor em liga** — No caso presente a soma total de elementos de liga ultrapassa 2 %; êsses aços apresentam endurecibilidade muito elevada, de modo que o teor de carbono não deve superar 0,25 %.

Com êsses aços consegue-se excepcionais valores de resistência e tenacidade do núcleo, muito importante para certas condições de serviço. Além disso, êles possibilitam a produção de peças cementadas de secção apreciável, apresentando as desejadas propriedades no núcleo. O custo dêsses aços e as maiores dificuldades na sua fabricação e tratamentos térmicos limita o seu uso a casos especiais. A Tabela XIX dá algumas composições típicas com exemplos de aplicações.

A Tabela XX dá as propriedades mecânicas comparativas no estado tratado termicamente e as temperaturas de têmpera recomendadas para obtenção da máxima tenacidade em pequenas barras cementadas.

Durante a última Grande Guerra Mundial, os alemães utilizaram para certas peças muito sujeitas ao desgaste empregadas em armamentos, aços cementados de alto níquel e alto cromo, apesar da grande escassez de níquel existente no seu país. Êsses aços apresentavam 3-1/3 a 4-1/2 de Ni, 1/2 a 1-1/2 % de Cr e 0,05 a 0,20 % de Mo e eram especialmente indicados para as partes sujeitas ao desgaste de metralhadores; em engrenagens cementadas para serviço pesado em motores de avião, utilizavam aços semelhantes, entretanto com Mo até 0,35 %, e níquel reduzido a 2 % e Cr elevado a 2 %. Admite-se que a utilização dêsses aços de alto teor em liga, apesar da escassez de níquel

* Os «Aços de Emergência Nacional» («National Emergency Steels»), usualmente conhecidos abreviadamente por NE, foram desenvolvidos nos EE.UU. durante a última Guerra Mundial como um meio de economizar certos elementos de liga escassos e imprescindíveis na fabricação de armamentos e outros materiais estratégicos. Êsses aços, caracterizados por utilizarem simultaneamente vários elementos de liga em teores muito baixos, apresentam boas propriedades de resistência mecânica, resistência ao choque e à fadiga, além de serem fáceis de forjar, laminar, soldar, usinar, possuir boa endurecibilidade, enfim, com características gerais perfeitamente satisfatórias, a ponto de se terem rapidamente formados populares e de continuarem a ser apreciavelmente utilizados mesmo depois de terminada a Guerra.

T A B E L A X V I I
Composições Típicas de Aços-Liga para Cementação com Baixo Teor em Liga

Tipo de aço	COMPOSIÇÃO QUÍMICA, %						V	APLICAÇÕES TÍPICAS
	C	Mn	Ni	Cr	Mo	V		
SAE 3115	0,13 — 0,18	0,40 — 0,60	1,10 — 1,40	0,55 — 0,75	—	—	engrenagens de transmissão de tratores, brocas para perfuração de poços petrolíferos, mancais anti-fricção.	
SAE 3120	0,17 — 0,22	0,60 — 0,80	1,10 — 1,40	0,55 — 0,75	—	—		
SAE 4120	0,17 — 0,22	0,70 — 0,90	—	0,60 — 0,80	0,20 — 0,30	—	coroas, pinhões impulsores, engrenagens de transmissão, etc.	
SAE 4615	0,13 — 0,18	0,45 — 0,65	1,65 — 2,00	—	0,20 — 0,30	—	engrenagens de transmissão e de diferencial de automóveis e tratores, pinos e eixos para aplicações gerais.	
SAE 4620	0,17 — 0,18	0,45 — 0,65	1,65 — 2,00	—	0,20 — 0,30	—		
SAE 6120	0,17 — 0,22	0,70 — 0,90	—	0,70 — 0,90	—	0,10 min	engrenagens de diferencial de camións e tratores, pinos e eixos.	
NE 8020	0,18 — 0,23	1,00 — 1,30	—	—	0,10 — 0,20	—	pinhões impulsores, pinos de pistão, parafusos de braço de direção, eixos de bomba, rebites, etc.	
NE 8620	0,18 — 0,23	0,70 — 0,90	0,40 — 0,70	0,40 — 0,60	0,15 — 0,25	—	parafusos de automóveis, eixo de comando de válvulas, coroas, engrenagens de diferencial, eixos de bomba, engrenagens de redução, engrenagens de máquinas-ferramenta, pinos de pistão, etc.	
NE 8720	0,18 — 0,23	0,70 — 0,90	0,40 — 0,70	0,40 — 0,60	0,20 — 0,30	—		
NE 9420	0,18 — 0,23	0,80 — 1,10	0,30 — 0,60	0,30 — 0,50	0,06 — 0,15	—		

TABELA XVIII

Propriedades Mecânicas de Alguns Aços Cementados de Baixo Teor em Liga

(Adaptada da publicação «National Emergency Steels» da «American Society for Metals», Agosto de 1943)

TIPO DE AÇO	TÊMPERA DIRETA				REAQUECIDO E TEMPERADO				
	Propriedades do núcleo			Camada Cementada Resiliência Izod. kgm	Temperatura de Reaquecimento °C	Propriedades do núcleo			Camada Cementada Resiliência Izod. kgm
	Limite de Resistência kg/mm ²	Limite de Escoamento kg/mm ²	Resiliência Izod. kgm			Limite de Resistência kg/mm ²	Limite de Escoamento kg/mm ²	Resiliência Izod. kgm	
SAE 3120	94,5	73,5	4,4	0,55	815°	91,0	68,5	5,5	0,55
SAE 4120	96,0	73,5	4,8	0,69	855°	84,0	71,5	5,5	0,42
SAE 4620	91,0	70,0	6,2	0,55	815°	84,0	66,5	6,6	0,55
SAE 6120	91,0	77,0	7,6	0,55	815°	84,0	60,0	3,2	0,28
NE 8620	94,0	77,5	7,2	—	837°	88,0	73,0	7,7	—
NE 8720	105,0	84,0	6,2	—	843°	99,5	82,0	—	—
NE 9420	94,5	73,5	5,3	0,42	830°	94,5	73,0	5,3	0,48

TABELA XIX

Composições Típicas de Aços-Liga para Cementação com Alto Teor em Liga

Tipo de Aço	COMPOSIÇÃO QUÍMICA, %					APLICAÇÕES TÍPICAS
	C	Mn	Ni	Cr	Mo	
SAE 2320	0,17 — 0,22	0,40 — 0,60	3,25 — 3,75	—	—	engrenagens de automóveis, pinos, eixos etc.
SAE 2512	0,09 — 0,14	0,45 — 0,60	4,75 — 5,25	—	—	virabrequim de caminhões e aviões, engrenagens de transmissão e diferencial de caminhão, ônibus e tratores.
SAE 3315	0,13 — 0,18	0,45 — 0,60	3,25 — 3,75	1,40 — 1,75	—	pinos de pistão e engrenagens de motores de avião, engrenagens de câmbios pesados etc.
SAE 4320	0,17 — 0,22	0,45 — 0,65	1,65 — 2,00	0,40 — 0,60	0,20 — 0,30	engrenagens de transmissão e diferencial de ônibus e caminhões.
SAE 4820	0,18 — 0,23	0,50 — 0,70	3,25 — 3,75	—	0,20 — 0,30	eixos e engrenagens de transmissão e diferencial de ônibus, caminhões e tratores, eixos e pinos para aplicações gerais, engrenagens, pinos e aplicações semelhantes na indústria aeronáutica.

TABELA XX

Propriedades Mecânicas de Alguns Aços Cementados de Alto Teor em Liga

(Adaptada da publicação «National Emergency Steels» da «American Society for Metals», Agosto de 1943)

TIPO DE AÇO	TÊMPERA DIRETA				Temperatura de Reaquecimento °C	REaquecido E TEMPERADO			
	Propriedades do núcleo			Camada Cementada Resiliência Izod. kgm		Propriedades do núcleo			Camada Cementada Resiliência Izod. kgm
	Limite de Resistência kg/mm ²	Limite de Escoamento kg/mm ²	Resiliência Izod. kgm			Limite de Resistência kg/mm ²	Limite de Escoamento kg/mm ²	Resiliência Izod. kgm	
SAE 2320	105,0	85,5	6,2	1,1	800°	94,5	77,0	6,2	0,69
SAE 2512	122,5	103,5	6,2	1,4	800°	120,5	98,0	7,3	1,11
SAE 3315	145,5	115,5	6,2	1,7	800°	147,0	119,0	5,6	1,38
SAE 4320	126,0	112,0	5,5	1,7	815°	129,5	112,0	7,6	0,97
SAE 4820	127,5	105,0	5,6	1,1	787°	117,0	96,0	7,9	0,83

na Alemanha, era feita tendo em vista que o Ni contribuiria para reter a austenita na superfície cementada, o Cr para conferir penetração de endurecimento e estabilizar a cementita devido à tendência dos aços de alto Ni grafitizarem pelo esfriamento a partir da temperatura de austenitização e o Mo para evitar a fragilidade de revenido.

3 — **Nitretação e Aços para Nitretação** — A nitretação, ou formação na superfície de certos aços de nitretos complexos, origina uma camada superficial não só de dureza excepcionalmente elevada como também de alta resistência ao desgaste, capaz de reter a dureza a temperaturas até da ordem de 500° C e ainda resistente a certos tipos de corrosão. Uma das grandes vantagens da nitretação sobre os outros processos termo-químicos de endurecimento superficial reside no fato dela ser levada a efeito numa faixa relativamente baixa de temperaturas — entre 500 e 550° C (no máximo 650° C) — o que, aliado à ausência de qualquer tratamento térmico posterior, reduz ao mínimo as probabilidades de empenamento das peças. Entretanto, os aços para nitretação são especiais e como tais, de alto preço e os tempos para nitretação são muito longos, de modo que esse processo, para produção em larga escala, exige equipamento de vulto. Verifica-se também certo crescimento do aço na nitretação, o qual, entretanto, pode ser controlado perfeitamente e descontado no projeto e dimensionamento definitivo das peças.

Os aços para nitretação contém, além de teores relativamente elevados de carbono, os seguintes elementos de liga: alumínio, cromo, molibdênio e níquel.

Não há vantagens em se nitretar um aço-carbono comum, pois o nitreto de ferro que se forma, apesar de duro, é muito frágil; o mesmo pode ser dito em relação ao aço só com cromo, o qual, apesar de poder ser nitretado, produz uma camada nitretada que, devido à ausência do alumínio, não é tão dura quanto a que contém aquele metal.

Os teores e os efeitos dos elementos de liga usuais nos aços para nitretação são os seguintes:

— **carbono** — 0,30 a 0,45 % — confere ao aço não só endurecibilidade como também suporte adequado à camada nitretada extremamente dura e muito fina;

— **alumínio e cromo** — 0,85 a 1,20 % e 0,90 a 1,80 % respectivamente — são elementos que formam prontamente nitretos; quanto maior a quantidade desses elementos dissolvidos na ferrita, tanto mais fácil a difusão do nitrogênio e tanto mais espessa a camada nitretada para um tempo de nitretação determinado. Como já foi mencionado acima, a presença de cromo isoladamente não produz os resultados desejados;

— **molibdênio** — 0,15 a 0,45 % — diminui a fragilidade de revenido e confere resistência ao revenido às temperaturas da nitretação. *

— **níquel**, normalmente ausente, é adicionado, em teores de 3,25 a 3,75 %, quando se deseja um núcleo de dureza mais elevada.

Há um tipo de aço — chamada **grafítico** — de alto C (entre 1,25 e 1,50 %) e alto silício (entre 1,25 e 1,50), com cromo, alumínio e molibdênio, que tem apresentado resultados interessantes na nitretação. De fato, a nitretação produz nesse aço uma superfície dura e resistente ao desgaste, contendo depressões ou verdadeiros orifícios originalmente cheios de grafita, de modo que, pelo menos temporariamente, o aço será dotado de uma espécie de lubrificação. Essa estrutura oferece boas possibilidades para emprêgo em superfícies de mancais operando a altas temperaturas devido à retenção de dureza a essas temperaturas elevadas e à presença da grafita.

Os principais tipos de aços para nitretação são conhecidos pelo nome de **Nitralloy** (Tabela XXI).

T A B E L A X X I

Composição de Aços para Nitretação «Nitralloy»

ELEMENTO %	135 (Tipo G)	135 Modificado	N	G R (Grafítico)
C	0,30 — 0,40	0,38 — 0,45	0,20 — 0,27	1,25 — 1,50 (carb. total)
Si	0,20 — 0,40	0,20 — 0,40	0,20 — 0,40	1,25 — 1,50
Mn	0,40 — 0,70	0,40 — 0,70	0,40 — 0,70	0,40 — 0,60
Cr	0,90 — 1,40	1,40 — 1,80	1,00 — 1,30	0,20 — 0,40
Al	0,85 — 1,20	0,85 — 1,20	0,85 — 1,20	1,00 — 1,50
Mo	0,15 — 0,25	0,30 — 0,45	0,20 — 0,30	0,20 — 0,30
Ni	—	—	3,25 — 3,75	—

O aço a ser nitretado além de possuir composição determinada, deve apresentar estrutura adequada. A estrutura que melhor se presta à nitretação é a sorbítica, porque a presença na superfície do aço de carbonetos em emulsão na ferrita contribui para que a camada nitretada formada na nitretação adquira as desejadas qualidades de tenacidade. Essa estrutura sorbítica é obtida por um revenido prévio à nitretação, entre as temperaturas de 590 e 700° C.

* Não há revenido na nitretação; mas devido às temperaturas usadas no processo, poderia ocorrer o fenômeno da fragilidade de revenido, evitado pela presença do molibdênio.

As operações a que geralmente se submete o aço para a fabricação de peças nitretadas são as seguintes:

- recozimento ou normalização;
- têmpera de temperaturas variando de 925° a 955° C, em óleo ou água; prefere-se a água quando as secções têm espessura ou diâmetro superior a 2,5 cm;
- revenido entre 590° e 700° C, dependendo da dureza desejada no núcleo;
- usinagem grosseira;
- usinagem final e retificação;
- nitretação.

Dependendo da temperatura de revenido os valores para as propriedades mecânicas que podem ser obtidos estão representados na Tabela XXII para os aços 135 (que é o mais comum) e 135 Modificado.

T A B E L A X X I I

Propriedades Mecânicas de Aços Nitralloy Temperados e Revenidos

Tipo de Aço	Temperatura de Revenido	Limite de escoamento kg/mm ²	Limite de resistência à tração kg/mm ²	Alongamento em 2" %	Estricção %	Dureza Brinell
135	593°	96,0	108,5	15	52	310
	650°	84,0	96,5	20	58	280
	705°	72,0	84,5	23	62	230
135 Modificado	537°	127,0	144,0	13,2	45,8	415
	593°	115,5	126,5	15,5	54,3	368
	650°	98,5	111,0	17,5	55,8	320
	705°	87,5	101,5	20,5	64,5	285

Os dados acima são relativos a corpos de prova de 2,5 cm de diâmetro para uma composição típica 135 com têmpera em óleo a partir de 955° C e para uma composição típica 135 Mod. com têmpera em óleo a partir de 925° C.

O tipo de aço para nitretação, mais comumente usado é o 135. O 135 Modificado é largamente usado na indústria aeronáutica. De modo geral, as indústrias automobilísticas e aeronáuticas são as que mais empregam aços nitretados. Entre outras, podem ser citadas as seguintes aplicações: virabrequins, camisas de cilindro, eixos de bomba, pinos, etc.