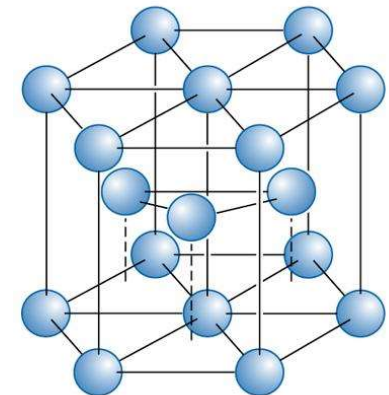
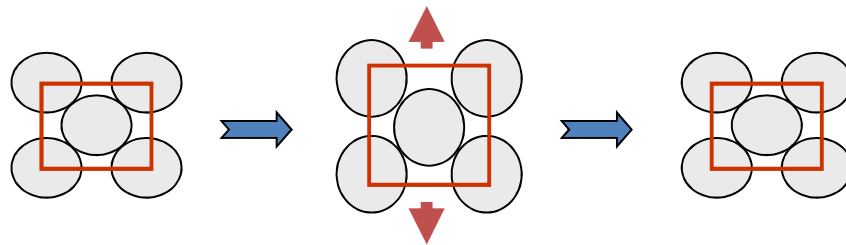


Aços Ferramenta



Aços Ferramenta

Classificação AISI para aços ferramenta

W — Aços temperáveis em água (**W**ater)

S — Aços resistentes ao choque (**S**hock)

AÇOS PARA FINS ESPECIAIS

L — Tipo baixa liga (**L**ow alloy)

F — Tipo carbono-tungstênio

P — Aços para moldes

AÇOS PARA TRABALHO A FRIO

O — Aços temperáveis em óleo (**O**il)

A — Aços média liga, temperáveis ao ar (**A**ir)

D — Aço alto carbono, alto cromo

AÇOS PARA TRABALHO A QUENTE (**H**ot Working)

H1 - H19 — Ao cromo

H20 - H39 — Ao tungstênio

H40 - H59 — Ao molibdênio

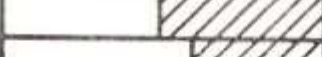
AÇOS RÁPIDOS

T — Ao **T**ungstênio

M — Ao **M**olibdênio

REGRAS GERAIS

- Resistência ao desgaste varia diretamente com teor de carbono (carbonetos)
- Resistência ao impacto decresce com aumento do teor de carbono.
- Elementos formadores de carbonetos aumentam resistência desgaste e diminuem resistência ao impacto
- Todos os elementos (*) contribuem para aumento da temperabilidade
- Dureza a quente aumenta com teor de elementos de liga (Mo, W, V)

proporção dissolvida na ferrita ←	elemento	proporção presente como carboneto →
	NÍQUEL	
	SILÍCIO	
	ALUMÍNIO	
	MANGANÊS	
	CROMO	
	TUNGSTÊNIO	
	MOLIBDÊNIO	
	VANÁDIO	
	TITÂNIO	
	NIÓBIO	
max. 0,3% sol.	COBRE	

- Tendência relativa dos elementos de liga do aço, em formar carbonetos.

Requisitos de cada ferramenta

Ferramentas de conformação a quente e a frio:

- 1) Resistência ao desgaste
- 2) Resistência ao impacto
- 1) Dureza a quente (trabalho a quente)

Ferramentas para corte por cisalhamento:

- 1) Alta resistência ao impacto
- 1) Alta resistência ao desgaste (manter gume cortante)

Requisitos de cada ferramenta

Ferramentas para moldes:

- 1) Resistência ao desgaste abrasivo
- 1) Fadiga térmica
- 1) bom acabamento

Ferramentas diversas: calibres

- 1) Alta dureza
- 1) Boa estabilidade dimensional
- 1) Bom acabamento

Requisitos de cada ferramenta

- Ferramentas de corte por usinagem:
 - 1) Dureza a quente
 - 1) Resistência ao desgaste
 - 2) Resistência ao impacto

Tabela 7.10 Guia prático para a pré-seleção de aços ferramenta.

Decrescem: resistência ao choque e usinabilidade
Crescem: Profundidade de têmpera, resistência ao amolecimento pelo calor

Cresce a resistência à abrasão
Decresce resistência ao choque

	Trabalho a frio. Deformação na têmpera é fator secundário	Trabalho a frio. Deformação na têmpera é importante	Trabalho a quente. Baixa deformação (Resistência ao calor é o principal fator)
Máxima resistência à abrasão	F2 W1, W2	D2* D3* D6*	M2 M3 T5 T8
Resistência à abrasão média (Ferramentas de corte em geral)	W1, W2	A2* O7	M1 M2 T1
Baixa resistência à abrasão (matrizes em geral)	W1, W2	O1 O2 L6	W.Nr.1.2365* H21 H12* H13*
Ferramentas resistentes ao choque	S1 W.Nr.1.2542 W.Nr.1.2550	S5 W.Nr.1.2542	H11 H12* H13* W.Nr.1.2714

* Normalmente disponíveis em versão refundida por ESR.

Tratamentos térmicos: cuidados

Austenitização (pré-aquecimentos)

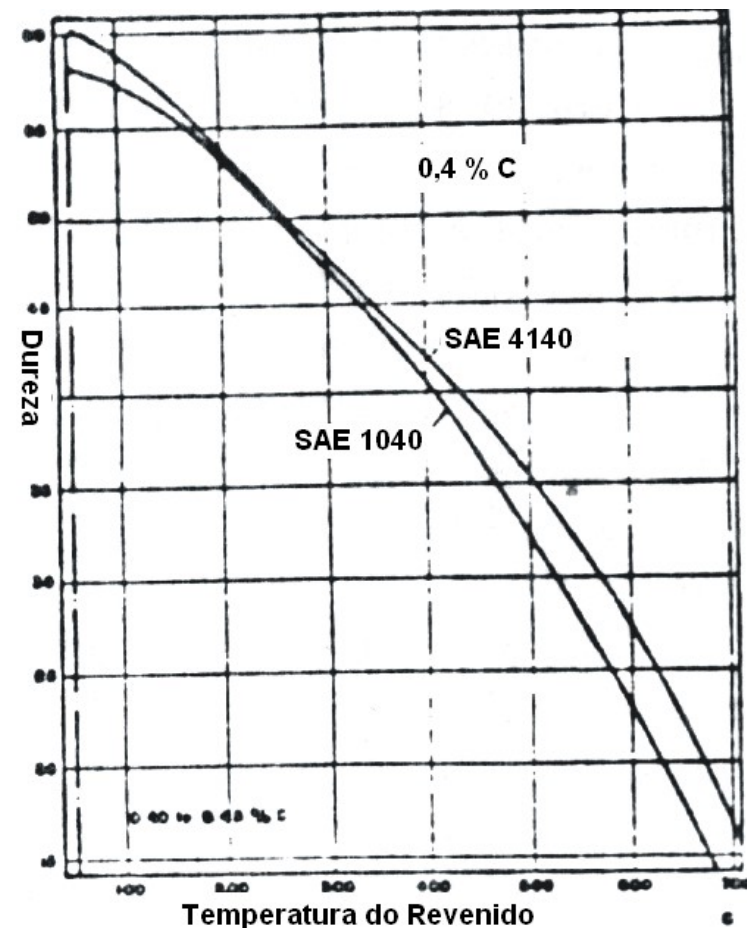
Resfriamento: trincas e distorções

Austenita retida: variação dimensional

Revenido: múltiplos (variação dimensional)
endurecimento secundário (dureza à quente)

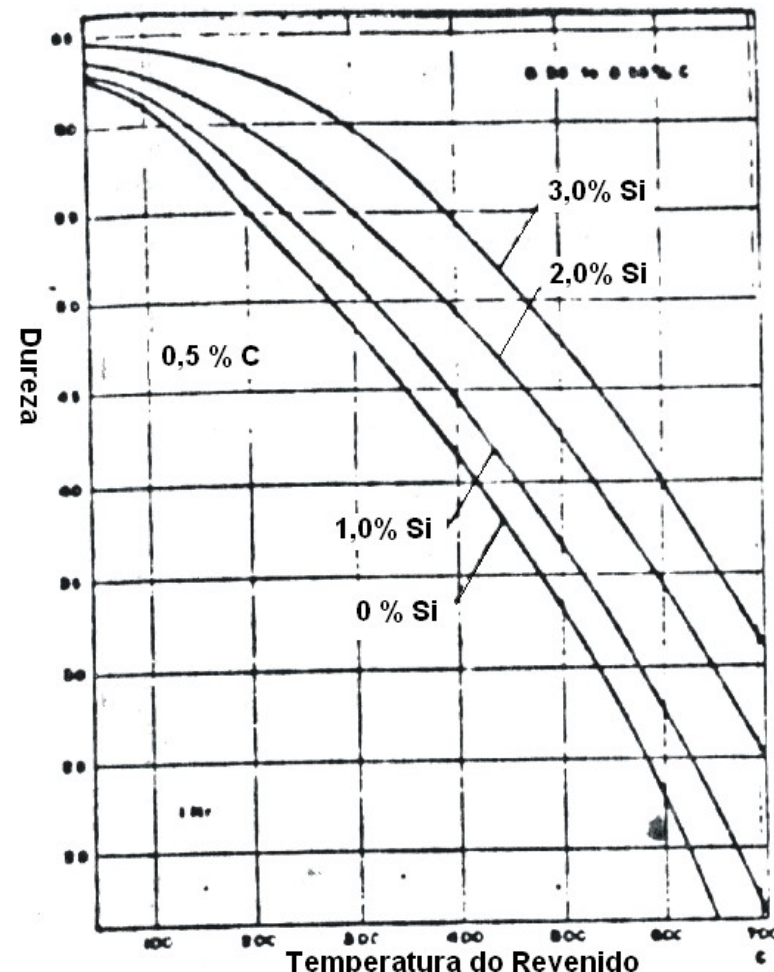
Revenido nos aços ligados

- Quando há a presença de elementos de liga nos aços as reações de revenido mudam sensivelmente principalmente na presença de elementos com tendência a formar carbonetos
- Para elementos sem esta tendência há um atraso das reações que confere uma maior resistência ao amolecimento



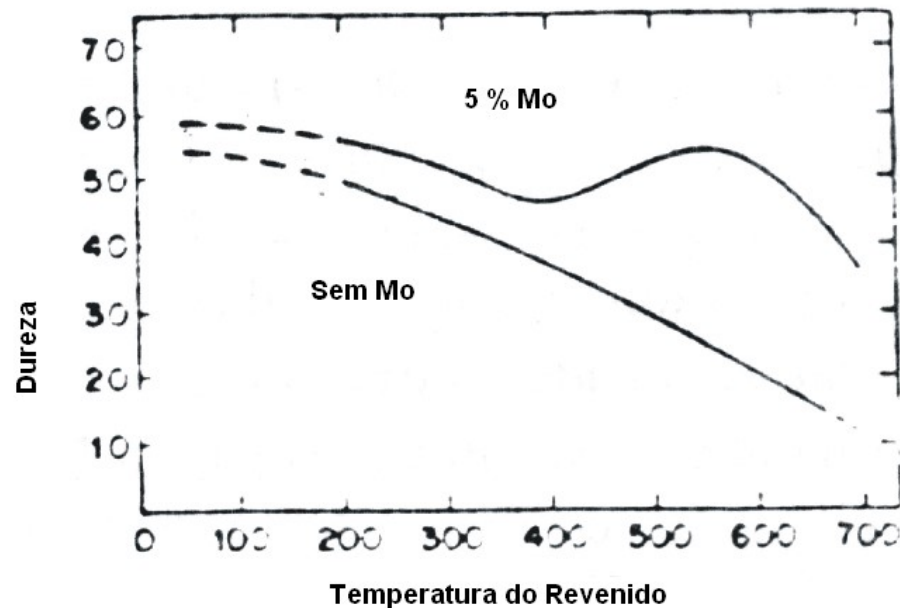
Revenido nos aços ligados

- O Si tem um efeito endurecedor de ferrita por solução sólida, por isso há uma grande variação da dureza com teores crescentes de Si
- A adição de Si evita também a fragilização do revenido
- Tanto o Si como outros elementos com tendência a formar carbonetos (Cr, Mo, W, V, Ti, Ni, Mn, Nb) retardam a perda da tetragonalidade da martensita e atrasam a esferoidização e engrossamento das agulhas de martensita



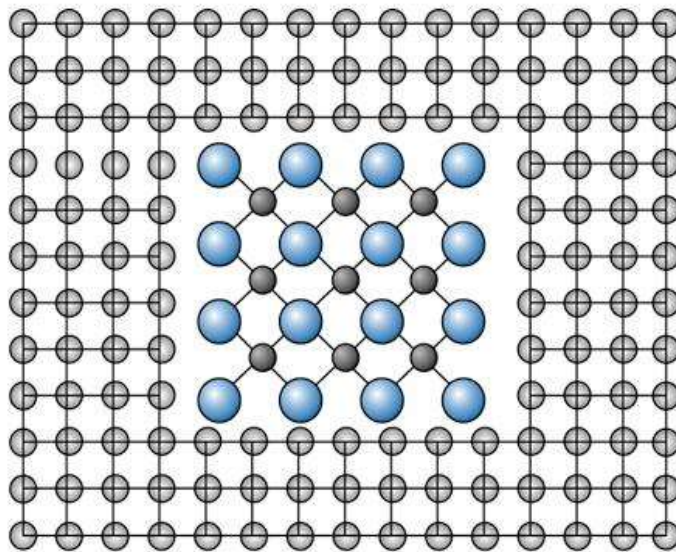
Revenido nos aços ligados

- Acima de 500° C os aços contendo fortes formadores de carbonetos precipitam outros carbonetos às custas da dissolução da cementita, essa etapa é considerada a 4ª etapa do revenido
- Nessa etapa os carbonetos se formam de maneira bastante dispersa na matriz. Se forem coerentes com a matriz formam o chamado endurecimento secundário, como o encontrado em aços ferramentas



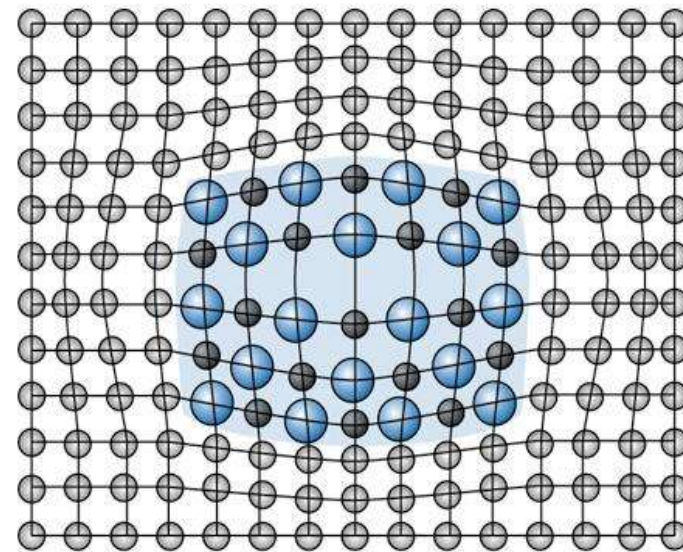
Revenido de aços ligados

INCOERENTES



(a)

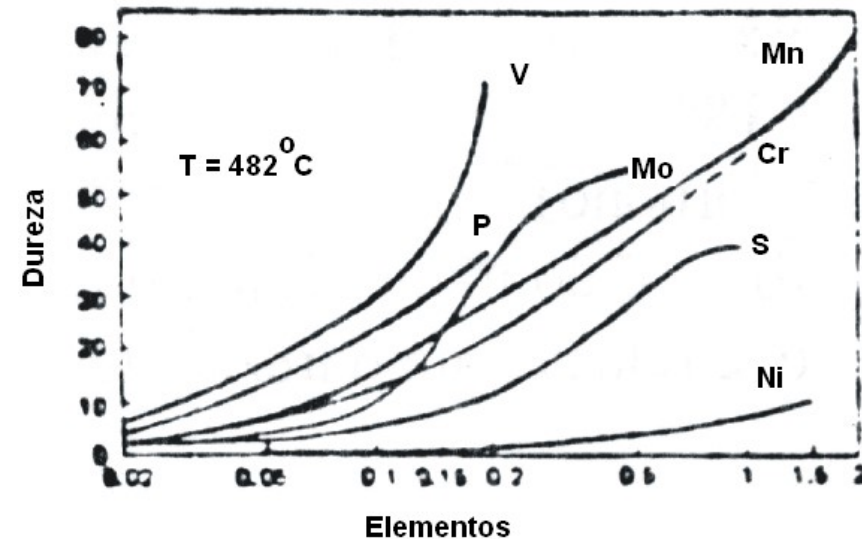
COERENTES



(b)

Revenido nos aços ligados

- A precipitação de carbonetos coerentes em teores baixos provoca um patamar de dureza, enquanto que em teores mais altos provoca o endurecimento secundário
- É possível, saber o incremento de dureza obtido no revenido, para teores crescentes do elemento adicionado

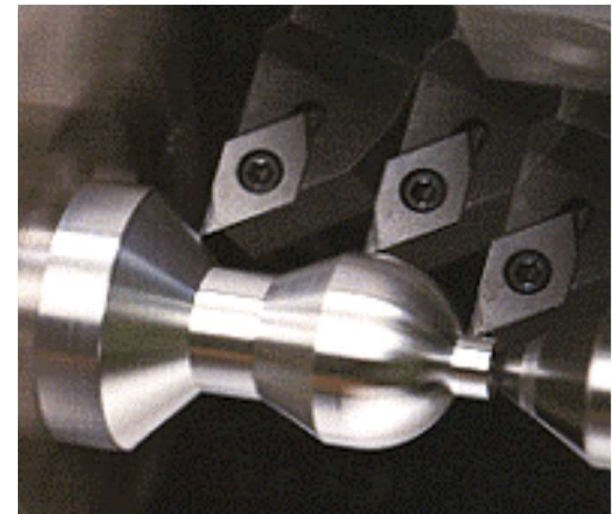


Aços para ferramentas



- **QUANTO AS PROPRIEDADES**

- Elevada dureza a temperatura ambiente e a quente
- Boa tenacidade
- Boa Resistência ao desgaste
- Boa Resistência Mecânica
- Tamanho de grão pequeno
- Boa usinabilidade
- Temperabilidade



Aços para ferramentas

- QUANTO AO TIPO
- Aços com alto teor de Carbono (0,6-1,3%C)
- Aços com alto teor de liga de W, V e Cr ou Mo, Co e outros.

Aços para ferramentas

- **QUANTO A APLICAÇÃO**

Aços-rápido: desenvolvidos para aplicações de usinagem em elevadas velocidades

Aços para trabalho a quente: desenvolvidos para utilização em operações de punçonnemento, cisalhamento e forjamento de metais em altas temperaturas sob condições de calor, pressão e abrasão.

Aços para deformação a frio: desenvolvidos para aplicações que não envolvam aquecimentos repetidos ou prolongados

Aços para ferramentas

- **Aços para trabalho a quente:** desenvolvidos para utilização em operações de cisalhamento e forjamento de metais em altas temperaturas sob condições de calor, pressão e abrasão.
- Possuem como principal elemento de liga cromo, podendo conter ainda vanádio, tungstênio e molibdênio
- O teor de carbono e de elementos de liga é baixo, o que dá boa resistência ao choque
- São identificados como aço H, no sistema de classificação.
- São divididos em três sub-grupos:
 - ao cromo (H11 à H19)
 - ao tungstênio (H21 à H26)
 - ao molibdênio (H42 à H43).

Aços para ferramentas

- **Aços para deformação a frio**: por não conter os elementos de liga necessários para possuir resistência a quente, estes aços se restringem a aplicações que não envolvam aquecimentos repetidos ou prolongados em faixas de temperatura de 205 a 260°C.

São divididos em três grupos:

- aços temperáveis ao ar (**grupo A**)
- aços alto-carbono e alto-cromo (**grupo D**)
- aços temperáveis em óleo (**grupo O**)

Aços para ferramentas

Aços-rápido:

- aplicações de usinagem em elevadas velocidades.
- É um aço ferramenta de alta liga de tungstênio, molibdênio, cromo, vanádio, cobalto e nióbio
- É um material tenaz, de elevada resistência ao desgaste e elevada dureza a quente (se comparado com os aços carbono usados para ferramentas), podendo ser utilizados até temperaturas de corte da ordem de 600°C

Existem duas classificações que são:

- ao **molibdênio** (grupo M)
- ao **tungstênio**: (grupo T).

Dureza Secundária de aços rápidos

