

STAVAX ESR

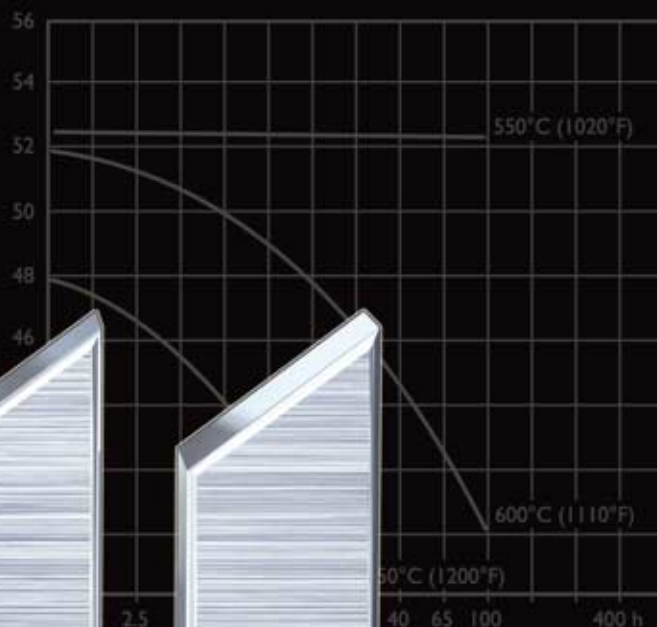
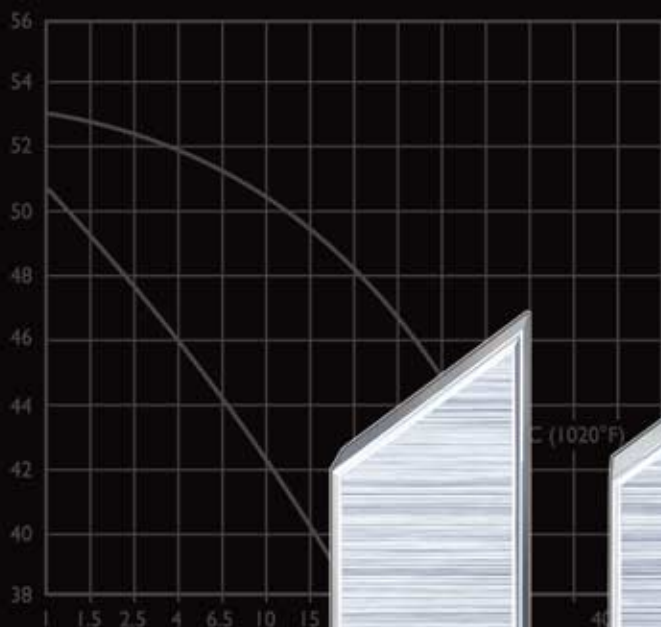
Aço inoxidável para moldes

COLD WORK

PLASTIC MOULDING

HOT WORK

HIGH PERFORMANCE STEEL



Typical analysis %	C 2,05	Mn 0,8	Cr 4,5	W 0,2
Standard specification	AISI D6, ()	D3) (W.Nr. 1.2796)		
Delivery condition	Soft annealed	to approx. 200 HB		
Colour code	Red			

Temperature	20°C (68°F)	200°C (390°F)	400°C (750°F)
Density kg/m ³ lbs/m ³	7 770 0,281	7 650 0,276	7 650 0,275
Modulus of elasticity N/mm ² psi	194 000 28,1 × 10 ⁶	189 000 27,4 × 10 ⁶	173 000 25,1 × 10 ⁶
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C per °F from 68°F	to 100°C 11,7 × 10 ⁻⁶ to 212°F 6,5 × 10 ⁻⁶	to 200°C 12 × 10 ⁻⁶ to 400°F 6,7 × 10 ⁻⁶	to 400°C 13,0 × 10 ⁻⁶ to 750°F 7,3 × 10 ⁻⁶
Thermal conductivity W/m °C Btu in (ft ² h°F)	- -	20,5 142	21,5 149
Specific heat K/kg °C Btu/lbs °F	455 0,109	460 0,110	- -

Informações Gerais

STAVAX ESR é uma qualidade premium para aço ferramenta inoxidável com as seguintes propriedades:

- Boa resistência à corrosão;
- Boa polibilidade;
- Boa resistência à abrasão;
- Boa usinabilidade;
- Boa estabilidade dimensional na têmpera.

A combinação destas propriedades conferem ao aço uma excelente performance na produção. O benefício prático na boa resistência à corrosão em moldes para plásticos podem ser resumidos como segue:

- Baixo custo de manutenção do molde.
O acabamento superficial das cavidades ficam mantidas durante longas jornadas de trabalho.
Moldes guardados ou utilizados em ambientes úmidos não requerem proteção especial.
- Baixo custo de produção.
Os canais de refrigeração não são afetados pela corrosão (diferentemente de aço para moldes convencional), a característica de transferir calor, e portanto ser eficiente no resfriamento, são a vida do molde assegurando ciclos de tempos consistentes

Estes benefícios, acrescidos da alta resistência a abrasão do STAVAX ESR, conferem ao molde, baixa manutenção, longa-vida ao molde e portanto uma grande e total economia da moldagem.

Nota! STAVAX ESR é produzido por uma técnica própria de (ESR + forjamento especial), resultando em um nível de inclusões muito baixo e estrutura fina.

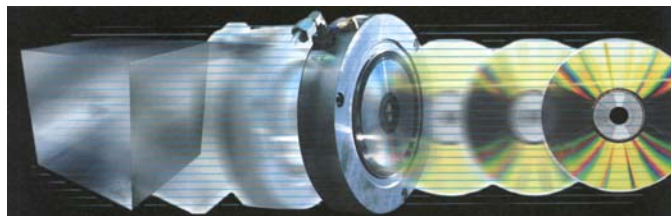
Composição Química %	C	Si	Mn	Cr	V
	0,38	0,9	0,5	13,6	0,3
Especificação Padrão	AISI 420, modificado				
Condição de Entrega	Recozido para \cong 200 HB				
Cor	Laranja / Preto				

Aplicações

Embora o STAVAX ESR seja recomendado para todos os tipo de ferramentas para moldes, suas propriedades especiais o tornam particularmente indicados para moldes com as seguintes exigências:

- Resistência á corrosão / marcas, i.e. para a moldagem de materiais corrosivos, ex. PVC, acetato, e moldes sujeitos a condições úmidas de trabalho / estocagem.
- Resistência à abrasão, i.e. para a moldagem de materiais acrescido com produtos abrasivos, incluindo ligas de resina moldadas por injeção. STAVAX ESR é recomendado para moldes de alta produção, ex. cutelaria descartáveis e recipientes.
- Alto acabamento superficial, i.e. para a produção de partes ópticas, como câmeras e lentes para óculos de sol, e recipientes para produtos medicinais, ex. seringas e recipiente para comprimidos.

Tipo de molde	Dureza HRC recomendada
Moldes para injeção de : Materiais termoplásticos Resinas	45-52 45-52
Moldes para compressão / transferência	50-52
Moldes para sopro de PVC, PET, etc.	45-52
Matrizes de extrusão	45-52



Propriedades

Dados Físicos

Temperado e revenido para 50 HRC. Dados com Temperatura Ambiente e Temperaturas Elevadas.

Temperatura	20° C (68° F)	200° C (390° F)	400° C (750° F)
Densidade lbs/in ³ kg/m ³	0,282 7 800	0,280 7 750	0,277 7 700
Módulo de Elasticidade psi N/mm ²	29 x 10 ⁶ 200 000	27,6 x 10 ⁶ 190 000	26,1 x 10 ⁶ 180 000
Coefficiente de expansão térmica por °F para 68°F °C para 20°C	-- --	6,2 x 10 ⁻⁶ 11,2x10 ⁻⁶	6,7 x 10 ⁻⁶ 11,9x10 ⁻⁶
Condutibilidade Térmica* Btu in/(ft ² h°F) W/m . °C	110 16	138 20	166 24
Calor Específico Btu/lb °F J/kg °C	0,110 460	-- --	-- --

* É muito difícil medir a condutibilidade térmica. A dispersão pode ser maior do que \pm 15%

Tensão de Ruptura à Temperatura Ambiente

Os valores da tensão de ruptura são aproximados. Todas as amostras foram retiradas de uma barra (na direção da laminação) com 25mm de diâmetro. Temperado a 1025 +/- 10°C e revenido duas vezes para a dureza indicada.

Dureza	50 HRC	45 HRC
Tensão de Ruptura Rm		
psi	256 000	206 000
N/mm ²	1 780	1 460
Limite de escoamento Rp		
0,2	213 000	185 000
psi	1 460	1 280
N/mm ²		

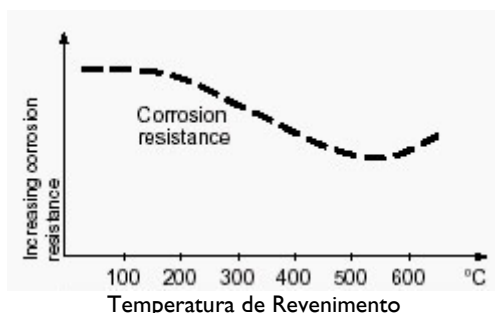
Resistência à Corrosão

O STAVAX ESR é resistente ao ataque corrosivo pela ação da água, vapor d água, ácidos orgânicos fracos, soluções diluídas de nitratos, carbonatos e outros sais.

A ferramenta fabricada com o STAVAX ESR terá boa resistência à oxidação e a marcas, apesar de trabalhar / ficar estocado em uma condição úmida e quando moldar plásticos corrosivos sob condição normal de produção.

STAVAX ESR apresenta a melhor condição de resistência à corrosão quando revenido em temperaturas menores e polido com o acabamento espelho.

A influência da temperatura de revenimento na resistência à corrosão.



Tratamento térmico

Recozimento para amolecimento

Proteger a superfície da ferramenta e aquecer até 780°C. Resfriar com o forno a 10°C por hora até 650°C, depois ao ar livre.

Alívio de Tensões

Após usinagem de desbaste (bruta), a ferramenta precisa ser aquecida para 670°C, tempo de encharque 2 horas. Resfriar lentamente até 350°C, depois ao ar livre.

Têmpera

Temperatura de pré-aquecimento: 600 e 850°C.

Normalmente em dois patamares.

Temperatura de austenitização: 1000 - 1050°C, a temperatura normal é de 1020 - 1030°C.

Temperatura °F	°C	Encharque minutos	Dureza antes do revenimento (HRC)
1885	1030	30	56 ±2
1920	1050	30	57 ±2

Tempo de encharque = tempo de manutenção a temperatura escolhida quando toda a seção da ferramenta atingir a temperatura.

Proteger a ferramenta da decarbonetação e oxidação durante a têmpera.

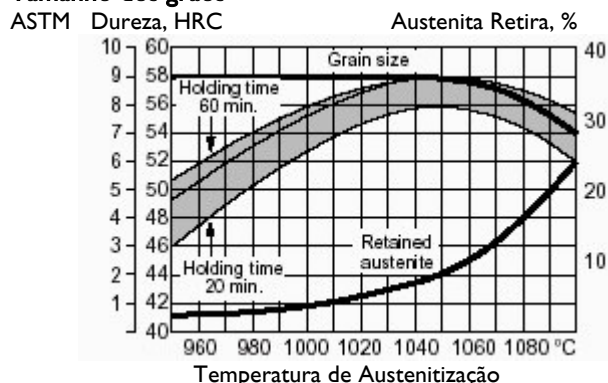
Meios de Resfriamento

- Óleo
- Banho de martêmpera ou cama fluidizada a 250-550°C, depois resfriamento ao ar. (ideal 250 – 300°C)
- Gás a alta velocidade / atmosfera circulante.
- A vácuo (gás a alta velocidade com pressão suficiente). Acima de 4 bars

Para se obter as melhores propriedades da ferramenta, o meio de resfriamento deve ser o mais rápido possível, concomitante com uma distorção aceitável. Revenir imediatamente ainda com a ferramenta quente 50-70 °C.

Dureza, tamanho do grão e austenita retida em função da temperatura de austenitização.

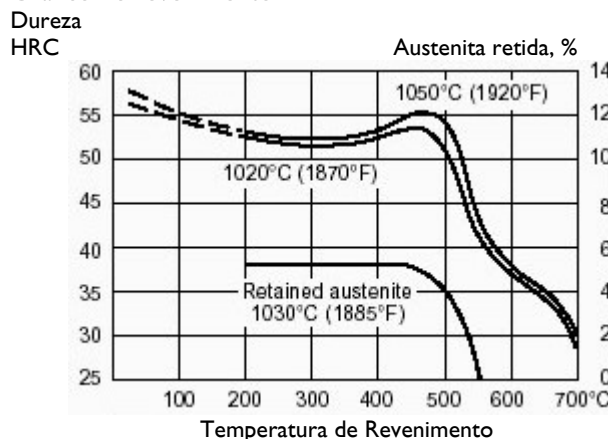
Tamanho dos grãos



Revenimento

A temperatura de revenimento de acordo com a dureza pode ser escolhida através do gráfico abaixo. Revenir duas vezes no mínimo deixando resfriar até a temperatura ambiente entre os revenimentos. A menor temperatura deve ser de 180°C para pequenos inserts simples, mas 250°C é o preferencial mínimo. O tempo mínimo de encharque deve ser de duas horas.

Gráfico de revenimento



Nota1: Revenimento de 250°C é recomendado para uma melhor combinação de tenacidade, dureza e resistência à corrosão para peças simples e/ou pequenas.

Nota2: Sobre as curvas são válidas para pequenas amostras. A dureza depende do tamanho do molde.

Nota3: Uma combinação de temperatura de austenitização elevada e temperatura de revenimento baixa <250°C dará um elevado nível de tensão no molde e deve ser evitado.

Observações Importantes

Para matrizes de grandes dimensões e figuras complicadas, recomendamos:

- 1- Após usinagem de desbaste, aliviar as tensões da usinagem aquecendo a ferramenta até 670°C. Mantendo nesta temperatura após a equalização da temperatura em toda a massa por 2 horas, resfriando lentamente até atingir 350°C e depois deixar resfriar ao ar livre.
- 2- Aproximar as medidas e temperar, sendo que o pré-aquecimento será: primeiro a 600°C (encharcar), e o segundo a 850°C (encharcar) e temperatura de têmpera de 1020 – 1030°C com tempo de encharque de 30 minutos. Resfriando em seguida à vácuo ou banho de sal. Se a vácuo, com pressão positiva acima de 4 bars, interrompendo o resfriamento em torno de 300°C, equalizar, e continuar o resfriamento. Se a banho de sal ou cama fluidizada, realizar de preferência a um banho entre 250-300°C, equalizar e continuar o resfriamento ao ar circulante.
- 3- Revenir imediatamente, quando a temperatura atingir 50-70°C, revenir no mínimo 3 vezes por 2 horas cada no mínimo, deixando resfriar até a temperatura ambiente entre os revenimentos:
 - * primeiro revenimento: 480°C
 - * segundo revenimento: 530°C

A maioria das ferramentas são usinadas por eletro-erosão, por isso recomendamos incluir na seqüência da operação de revenimento.

Erosionar em diversas etapas (patamares de Amperagem). Ex.: 1 x 25 A, 1x 12,5 A, 4 x 6,3 A

 - * terceiro revenimento: 510°C

Se possível, jatear com SiC as áreas erosionadas principalmente nos cantos, para remover as camadas afetadas pela erosão.

Alterações Dimensionais

As alterações dimensionais durante a têmpera e o revenimento variam dependendo da temperatura, tamanho do equipamento e meio de refrigeração usado durante o tratamento térmico.

O tamanho e a forma geométrica da ferramenta é também de essencial importância.

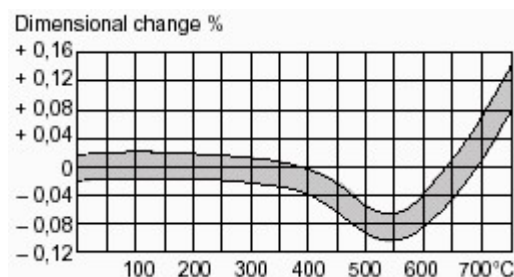
Então a ferramenta precisa ser manufaturada com tolerâncias suficiente para compensar a alteração dimensional. Utilize 0,15% como base para este sobremetal para o Stavax ESR, cuidando para que o alívio de tensões seja realizado entre a usinagem de desbaste e a usinagem semifinal.

Durante a Têmpera

Um exemplo de alteração dimensional em uma condição ideal de uma placa de 100 x 100 x 25 mm endurecida é mostrado a seguir.

Têmpera a 1020°C		Largura %	Comp. %	Espes. %
Óleo	Min.	+ 0,02	+ 0,02	+ 0,04
	Máx.	- 0,05	- 0,03	-
Martêmpera	Min.	+ 0,02	+/- 0	- 0,04
	Máx.	- 0,03	+ 0,03	-
Ar	Min.	- 0,02	+/- 0	+/- 0
	Máx.	+ 0,02	- 0,03	-
Vácuo	Min.	+ 0,01	+/- 0	- 0,04
	Máx.	- 0,02	+ 0,01	-

Durante o Revenimento



Nota: Alterações dimensionais durante a têmpera e revenimento precisam ser somadas

Retífica

Um guia geral com recomendações para o STAVAX ESR é dada abaixo. Maiores informações poderão ser encontradas no catálogo Uddeholm "Retífica para aços ferramentas".

Tipo de Retífica	Condição de recozimento	Condição de temperado
Retificação facial de rebolo plano.	A 46 HV	A 46 G V
Retificação de Superfície Segmentos	A 24 GV	A 36 G V
Retificação cilíndrica	A 60 JV	A 60 J V
Retificação interna	A 46 JV	A 60 J V
Retificação de perfil	A 100 LV	A 120 J V

Polibilidade

STAVAX ESR, tem uma boa polibilidade na condição temperada e revenida.

Uma técnica um pouco diferente, pode ser utilizada, se comparada com outras qualidades de aços para moldes da Uddeholm. O Princípio é utilizar pequenos passos entre a retifica fina e o estágio do polimento, e não iniciar o polimento sobre uma superfície grosseira. É importante também, parar o polimento imediatamente quando o ultimo risco formador do contorno de grão for removido.

Informações mais detalhadas podem ser obtidas na brochura técnica "Polibilidade dos aços ferramenta".

Soldagem

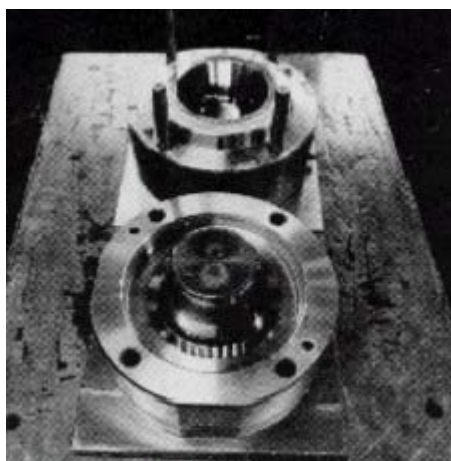
A soldagem do aço para ferramentas pode ser realizada com bons resultados se algumas precauções forem tomadas, uma vez que é realizada a altas temperaturas, a preparação da junta e a escolha dos eletrodos é de fundamental importância, assim como o procedimento para a soldagem. O melhor resultado após o polimento e texturização, podem ser obtidos utilizando-se eletrodos com a composição igual ao do molde.

Método de Soldagem	TIG	MMA (SMAW)
Temperatura de Trabalho	390 – 480 °F 200 – 250 °C	390 – 480 °C 200 – 250 °C
Consumíveis	STAVAX TIG – WELD	STAVAX WELD
Dureza após a soldagem	54 – 56 HRC	54 – 56 HRC
Tratamento térmico após a soldagem:		
Condição de Temperado	Revenir a uma temperatura de 10-20°C menor do que a temperatura de revenimento original.	
Condição de Recozimento	Aquecer totalmente a 780°C, resfriar lentamente no forno a 10°C/hora até 650°C, depois ao ar livre.	

Informações complementares podem ser obtidas na brochura editada pela Uddeholm “Soldagem do aço ferramenta”.

Texturização

STAVAX ESR tem uma quantidade muito pequena, quase residual, de inclusões tornando-o indicado para a texturização. Pode ser preciso um processo especial de texturização porque o STAVAX ESR tem uma boa resistência à corrosão. Informações complementares podem ser obtidas na brochura editada pela Uddeholm “Texturização do aço ferramenta”



Recomendações para Usinagem

As seguintes tabelas fornecem dados para usinagem do STAVAX ESR em condições de recozimento completo.

Torneamento

Parâmetros para dados de corte	Torneando com Metal Duro		Torneamento com ferramenta de aço rápido Torneamento Fino
	Torneamento Desbaste	Torneamento Fino	
Velocidade de corte (Vc) m/min. f.p.m.	140 – 170 465 – 565	170 – 220 565 – 735	25 85
Avanço (f) mm/r i.p.r.	0,3 – 0,6 0,01 – 0,024	- 0,3 - 0,01	- 0,3 - 0,01
Profundidade do corte (a _p) mm inch	2 – 6 0,08 – 0,24	- 2 - 0,08	- 2 - 0,08
Designação de metal duro US ISO	C6 – C5 P20 – P30 Metal Duro Revestidos	C7 P10 Metal Duro Revestidos ou cermet	-- --

Fresagem

Superficial e fresagem de cantos

Parâmetros para dados de corte	Fresagem com Metal Duro		Fresagem com ferramenta de aço rápido
	Fresagem Desbaste	Fresagem Fina	Fresagem Fina
Velocidade de corte(Vc) m/min. f.p.m.	180 – 260 600 - 865	260 – 300 865 – 1000	100 30
Avanço (f) mm/dente pol/dente	0,2 – 0,4 0,008-0,016	0,1 – 0,2 0,004-0,008	0,1 0,004
Profundidade do corte (a _p) mm pol.	2 – 5 0,08 – 0,20	- 2 - 0,08	- 2 - 0,08
Designação de metal duro US ISO	C6 – C5 P20 – P40 Metal Duro Revestidos	C7 – C6 P10 – P20 Metal Duro Revestidos ou cermet	-- --

Fresagem de Topo

Parâmetros para dados de corte	Laminador		
	Metal Duro	Metal Duro como Insertos Inter-cambíveis	Aços rápido
Velocidade de corte (Vc) m/min. f.p.m.	80 265	150 – 200 590 - 665	25 ²⁾ 85 ²⁾
Avanço (f) mm/dente pol/dente	0,03-0,20 ¹⁾ 0,001-0,008 ¹⁾	0,08-0,20 ¹⁾ 0,003-0,008 ¹⁾	0,05-0,35 ¹⁾ 0,002-0,014 ¹⁾
Designação de metal duro US ISO	C5 K20, P40	C6 P20 – P30	-- --

1) Depende da profundidade radial do corte e do diâmetro da pastilha

2) Para frezas de HSS com cobertura Vc = 35 m/min

Furação

Broca helicoidal de aço rápido

Diâmetro da broca mm	Velocidade de corte (Vc) m/min f.p.m		Avanço (f) mm/r i.p.r	
	m/min	f.p.m	mm/r	i.p.r
- 5	14*	47*	0,08-0,20	0,003-0,008
5-10	14*	47*	0,20-0,30	0,008-0,012
10-15	14*	47*	0,30-0,35	0,012-0,014
15-20	14*	47*	0,35-0,40	0,014-0,016

*Para frezas de HSS Vc=20 m/min. (65 f.p.m)

Perfuração com metal duro

Parâmetros para dados de corte	Tipo de broca		
	Inserto Intercambiável	Inteira	Com ponta de metal duro e Refrigerado
Velocidade de corte (Vc) m/min. f.p.m	180 – 230 600 – 765	80 265	60 200
Avanço (f) mm/r i.p.r.	0,03 – 0,10 ²⁾ 0,001-0,004	0,10-0,25 ²⁾ 0,004-0,01	0,15-0,25 ²⁾ 0,006-0,01

1) Broca com canais refrigerantes e ponta de metal duro soldado

2) Dependendo do diâmetro da broca.

Rosqueamento com HSS

Velocidade de corte (Vc) m/min. f.p.m.	10 – 12 33 – 39
--	--------------------

- 1) Composto para rosqueamento ou óleo de corte proporcionam maior vida útil da ferramenta do que a emulsão.
- 2) Recomenda-se o macho sem estria
- 3) Quando se utiliza pasta clorada para o rosqueamento, as roscas precisam ser totalmente limpas.

ADENDO, MOLDES PARA PLÁSTICO

A experiência tem indicado que, devido ao fator TEMPO de fabricação da ferramenta, alguns fatores *importantíssimos* passam para o segundo plano:

- Raios entre paredes, o maior possível (>5mm antes do endurecimento e >1,5mm depois de endurecido, dependendo do tamanho da ferramenta).
- Escarear os furos.
- Quebrar se possível todos os cantos vivos.
- Evitar resfriar com velocidade desigual massas desiguais, ou seja direcionar o resfriamento inicial para a massa maior indo para a menor.
- Em ferramentas complicadas aplicar três revenimentos.
- O tempo, temperatura e quantidade de revenimentos depende do tamanho e complexidade da ferramenta.
- Deve-se evitar a todo custo aplicar a Eletro erosão com grande potencia.
- Revenir SEMPRE depois que aplicar a Eletro erosão a uma temperatura 20 a 30 graus menor do que a ultima temperatura de revenimento por duas horas no mínimo.
- REMOVER a camada afetada pela Eletro erosão após revenimento, principalmente nos cantos, se de difícil acesso, jatear com SiC.
- Como a dureza esta diretamente relacionada com a tenacidade e o molde trabalha termicamente e mecanicamente durante a produção, a indicação da dureza esta relacionada a estes fatores e a complexidade da ferramenta, uma dureza da ordem de 44 a 48HRC poderá ser o suficiente para aplicações em ferramentas em geral onde se exigem resistência ao desgaste, mas que a ferramenta seja complexa..
- Analisando estes fatores pode se chegar a conclusão de que uma outra opção de qualidade de aço possa economizar um bom tempo de fabricação, nestes casos podemos escolher as qualidades com pretempera ou utilizar a qualidade CORRAX que pode ser endurecido desde 40 ate 50HRC em um dia de tratamento térmico.

Antes de iniciar a fabricação do molde entre em contato com o nosso Depto. Técnico

Considerações sobre polimento

Variáveis Citadas

Limpeza: limpeza entre troca de gramas, a lavagem da ferramentas com elemento que retire todas as matérias referentes ao polimento / lixamento anterior (ex.: sabão para lavar as mãos). Cada grana com o seu local específico , para não haver possibilidade de eventualmente “um grão” contaminar uma outra grana.

O local deve estar isenta de poeira em suspensão e de preferência bem limpo e específico, de preferência fechado contra poeira.

Cada material “pano” utilizado para polir , utilizar somente com uma única grana.

Cada “lixamento” ou polimento subsequente ao outro deve eliminar completamente o vestígio do anterior e ser realizado a 90° do anterior.

OBS.: A “Retificação” pode ser substituída por “Lixamento”.

✓ Qualidade da pasta , lixa

A qualidade do polimento depende também da qualidade da pasta que deve garantir a menor tolerância de grana por grau. É importante que a lixa remova adequadamente a superfície com marcas de retifica , de frezamento ou de erosão.

✓ Material Empregado

A qualidade do polimento dependerá dos materiais empregados, principalmente se o acabamento for tipo ótico.

✓ Habilidade do operador

A complexidade do molde exige que o operador tenha uma boa experiência e conhecimento.

Polimento do Stavax ESR

A superfície deve estar retificada e isenta de marcas de usinagem ou se erosionado, todos os efeitos da erosão deveram ser removidos.

✓ Retificação

A retificação é o estágio mais importante. Se o resultado após a retificação não for o mais liso possível , o risco de ocorrer o superpolimento durante o processo de polimento é muito alto.

A superfície é retificada com a grana 180 – 220 (75-65 microns), 320 – 360 (40-46 microns), eventualmente 800 (22 microns) e 1200 (15 microns) tamanho do grão FEPA.

Nos últimos passes tente trocar a direção da retifica 2 – 3 vezes. tente também , diminuir a pressão sucessivamente. A idéia é claro , é deixar a superfície a mais lisa possível antes de iniciar a operação de polimento.

✓ Prepolimento

Inicie o pré-polimento com a grana 15 microns. Material para polir (tecido), ceda (material para polir duro). Observar atentamente para não polir a seco. Tempo de polimento ca 5 min/ 15 cm² .

Não utilizar uma velocidade de polir muito alta.

Quando todas as marcas de retificação forem polidas, limpe toda a superfície e faça a mesma operação com a pasta diamantada de grana 6 microns.

Eventualmente pode ser necessário um polimento intermediário com a pasta de grana 9 microns, especialmente se a superfície for muito grande.

✓ Polimento Final

Para o polimento final use como material o tecido de lã (não pode ser feltro) e pasta diamantada de 3 microns.

Baixa velocidade , lubrificante em abundância e baixa pressão são fundamentais.

Alto risco de “pittings”

Polir eventualmente com pasta de 1 micron com material veludo com baixa pressão e velocidade.

✓ Comentários

Favor observar que o risco de superpolir aumenta com o uso de materiais de tecido de lã macio para polir , alta pressão para polir e pouco lubrificante.

Todos os traços de retificação devem ser retirados após pré-polimento com grana 15 microns. Se não , a superfície ficará cheia de poros que poderão ficar piores durante o processo seguinte.

Uma boa superfície pré-polida é essencial para obter uma boa superfície polida.

Este material foi traduzido de um orientativo interno do centro de pesquisa da Uddeholm , portanto não é uma garantia de que este processo fornecerá o polimento desejado, pois depende muito de outras variáveis , como limpeza , qualidade da pasta , da lixa , do material empregado e principalmente da habilidade do operador.