

ESKYLOS[®] 2343

Aço pioneiro para ferramentas de trabalho a quente resistente à fadiga térmica e ao desgaste a temperaturas elevadas com qualidade ESR

*O conteúdo desta brochura tem fins meramente informativos e não pode ser considerado vinculativo em relação ao fornecimento de material.
Todas as informações, exceto para efeitos legais, são estritamente confidenciais e apenas podem ser divulgadas mediante autorização da Lucchini RS S.p.A.
Edição de março de 2016.*

LUCCHINI RS
distribuidor exclusivo


ferrol
marinha

CARACTERÍSTICAS GERAIS

O EskyLos®2343 é o pioneiro dos aços para ferramentas de trabalho a quente de Crômio- Molibdênio-Vanádio fortemente ligados, sendo adequado e concebido para o fabrico de cortantes, moldes, punções e outros componentes sujeitos a elevadas temperaturas de trabalho.

As melhores características deste tipo de aço pioneiro são:

- alta resistência ao choque térmico e às fissuras térmicas;
- boas características mecânicas a quente e a frio;
- excelente tenacidade a quente e a frio;
- resistência à têmpera;
- excelente maquinabilidade.

A combinação destas características garante que a ferramenta terá um excelente custo total do ciclo de vida. É por este motivo que o EskyLos®2343 é o pioneiro dos aços para ferramentas de trabalho a quente e um dos aços mais usados e apreciados na produção de cortantes e moldes sujeitos a elevadas temperaturas de trabalho.

O EskyLos®2343 é produzido através de um processo de fabrico "super limpo" especial, que proporciona um elevado nível de micro pureza.

O EskyLos®2343 é normalmente fornecido em secções com uma espessura que vai até aos 500 mm, na condição recozida com valores de dureza inferiores a 220 HB, garantindo assim uma boa maquinabilidade.

Se for submetido a um endurecimento adequado, seguido pelo menos por duas têmperas adequadas, o EskyLos®2343 pode alcançar uma dureza de até 50 HRc sem que a tenacidade seja afetada.

Para melhorar ainda mais as características mecânicas da superfície, o EskyLos®2343 pode ser revestido através de métodos PVD ou PA/CVD. Em alternativa, pode ser sujeito a nitruração: este processo possibilita um valor de dureza da camada nitretada de cerca de 900-1000 HV.

Os elevados níveis de micro-pureza e homogeneidade estrutural deste tipo de aço asseguram-lhe uma boa adequação ao polimento espelhado e à foto-gravação.

Se for necessário, é possível realizar operações de soldadura através de métodos TIG ou MMA em cortantes fabricados em EskyLos® 2343.

O desenvolvimento contínuo das tecnologias de processamento quente torna necessária a utilização do EskyLos®2343, graças à sua elevada resistência à fadiga térmica e ao desgaste a altas temperaturas.

Graças às suas propriedades quase isotrópicas de qualidade ESR, o EskyLos®2343 representa também uma das mais importantes opções de tenacidade para moldes plásticos altamente resistentes que exijam uma resistência à pressão muito elevada, uma excelente resistência à abrasão também em combinação com diferentes revestimentos de superfície e, em simultâneo, uma tenacidade melhorada.

O aumento da utilização de materiais sintéticos e abrasivos levou os fabricantes a usarem o EskyLos®2343 também quando é necessária uma adequação ao polimento e à textura combinada com a resistência à abrasão e à compressão.

O EskyLos®2343 é 100% sujeito a inspeção ultrassónica de acordo com as normas NDT mais exigentes.

É difícil prever quais as vantagens que um material inovador terá em relação a um material tradicional: somente o feedback do serviço e a cooperação com os clientes poderão validar a vida útil de molde mais longa dos materiais propostos.

O EskyLos®2343 tem demonstrado uma impressionante resistência à fadiga em muitas aplicações e uma vida útil de molde significativamente superior à dos tipos de aço para ferramentas de trabalho a quente convencionais.

O melhoramento contínuo da tecnologia de materiais é gerido em segurança e de acordo com critérios de consistência ecológica e sustentabilidade, já que a Lucchini RS acredita que a Segurança e o Ambiente são as principais prioridades em todas as fases do processo de fabrico.

O EskyLos®2343 foi concebido também com o objetivo de garantir a mais reduzida utilização de materiais virgens, avançando-se no sentido de utilizar categorias de sucata de difícil reciclagem que podem ser usadas na produção de aço do tipo EskyLos®2343.

ANÁLISE QUÍMICA

Produção de liga (% no peso)

C **0,35 ÷ 0,40**

Si **0,80 ÷ 1,10**

Mn **0,30 ÷ 0,50**

Cr **5,00 ÷ 5,50**

Mo **1,20 ÷ 1,50**

V **0,35 ÷ 0,50**

S **≤ 0,003**

P **≤ 0,015**

Tabela de comparação

da classificação internacional

W.Nr. **1.2343**

DIN **X38CrMoV5-1**

AFNOR **Z38CDV5**

AISI **H11**

UNI **X37CrMoV5.1KU**

Os aços para ferramentas da Lucchini RS foram sujeitos a pesquisa e formulados no sentido de otimizar os desempenhos do material.

O nome da marca identifica o produto da Lucchini RS e o número evoca a classificação Werkstoff ou outra forma de refletir as características de utilização.

PRINCIPAIS APLICAÇÕES

O EskyLos®2343 é adequado às seguintes aplicações:

- cortantes para fundição de alumínio
- cortantes sujeitos a baixa pressão
- formas para vazamento por gravidade
- recipientes para prensas de fundição
- cortantes para extrusão de alumínio
- blocos para prensa de extrusão
- mangas para prensas de extrusão
- moldes de injeção.

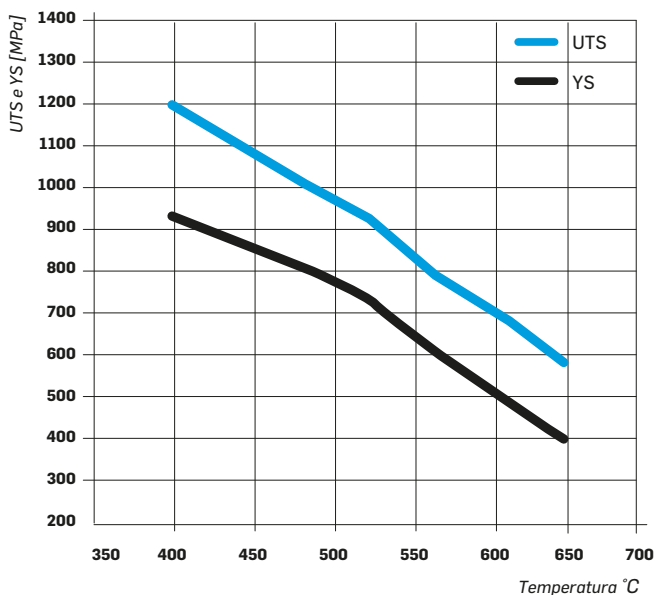
PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

Principais propriedades FÍSICAS	°C		
	20	400	600
Módulo de elasticidade (GPa) 1GPa=1000 MPa	210	183	168
Coefficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	—	11,8	12,4
Condutividade térmica (W/m K)	24,4	27,1	28,5

Principais propriedades MECÂNICAS	°C		
	400	500	600
Tensão de rotura à tração (UTS) MPa	1,150	950	670
Limite aparente de elasticidade (YS) MPa	900	750	470

Estas são médias obtidas com base numa amostra endurecida a 980 °C, arrefecida e temperada a 600°C para alcançar uma dureza de 44 HRc.

Propriedades mecânicas vs Temperatura



TRATAMENTOS TÉRMICOS

O EskyLos®2343 é fornecido na condição recozida. Se for requerida uma dureza diferente ou se for necessário tratamento térmico, sugerimos a aplicação dos seguintes parâmetros. Estas informações são meramente indicativas e têm de ser adaptadas em função das diferentes instalações de tratamento térmico usadas e da espessura da barra.

RECOZIMENTO DE COALESCÊNCIA

Temperatura sugerida	850 °C
Aquecimento	Máx. 50 °C/h
Duração de permanência	Mínimo de 120 min. a contar do momento em que a temperatura estabiliza
Arrefecimento	Lento no forno a um máx. de 25 °C/h até 600 °C, em seguida à temperatura ambiente

É recomendado o recozimento de coalescência caso seja importante a maquinabilidade do material. Após o recozimento de coalescência é alcançada uma dureza de cerca de 220 HB.

RELAXAÇÃO DAS TENSÕES

Temperatura sugerida	650 °C
Aquecimento	Máx. 100 °C/h
Duração de permanência	Mínimo de 120 min. a contar do momento em que a temperatura estabiliza
Arrefecimento	Lento no forno a um máx. de 25 °C/h até 200 °C, em seguida à temperatura ambiente

Se a temperatura sugerida for inferior à temperatura da têmpera, a temperatura de relaxação das tensões será 50 °C inferior à temperatura da têmpera previamente aplicada.

É recomendada a relaxação das tensões caso seja necessário eliminar as tensões induzidas pelo trabalho mecânico ou por um tratamento térmico prévio.

Primeira temperatura pré-aquecimento	400 °C
Aquecimento	Máx. 150 °C/h
Duração de permanência	25 min. por cada 25 mm de espessura ou quando (Ts- Tc) < 90 °C

Segunda temperatura pré-aquecimento	600 °C
Aquecimento	Máx. 150 °C/h
Duração de permanência	20 min. por cada 25 mm de espessura ou quando (Ts- Tc) < 90 °C
Terceira temperatura pré-aquecimento	800 °C
Aquecimento	Máx. 150 °C/h
Duração de permanência	20 min. por cada 25 mm de espessura ou quando (Ts- Tc) < 90 °C
Temperatura de austenização	980 °C
Aquecimento	> 150 °C/h
Duração de permanência	$t = (x + 39) / 2$ ou 30 min. a contar do momento em que (Ts-Tc) < 15 °C
Arrefecimento	Ar, refrigeração por vácuo, banho de sais, polímero em H2O
Dureza após arrefecimento	54 ÷ 55 HRc

ENDURECIMENTO

O endurecimento deve ser realizado após o pré-aquecimento do material de acordo com a seguinte tabela.

Sugerimos que realize o endurecimento do material fornecido na condição recozida e a têmpera imediatamente a seguir.

O objetivo do primeiro pré-aquecimento a 400 °C é eliminar as tensões provocadas pela maquinação. Os ciclos de pré-aquecimento a 600 °C e 800 °C seguintes são necessários para homogeneizar a temperatura da peça. Recomendamos uma velocidade de aquecimento de 150 °C/h no máx.

A duração das diversas etapas do pré-aquecimento é calculada com base na espessura da peça e na temperatura, conforme indicado na tabela.

Em alternativa, a duração pode ser ajustada com base na diferença entre a temperatura interior (Tc) e a temperatura superficial (Ts) da peça, que é medida através de dois termopares.

Após o terceiro pré-aquecimento a 800 °C, a temperatura de austenização deve ser alcançada o mais rapidamente possível e mantida durante 30 minutos a contar de quando (Ts-Tc) < 15 °C ou com base na seguinte fórmula:

$$t = (x + 39) / 2$$

$$t = \text{duração de permanência [min]} \quad x = \text{espessura [mm]}$$

TÊMPERA

É recomendada a definição da temperatura da primeira têmpera para 580 °C, perto da dureza secundária.

A temperatura da segunda têmpera tem de ser definida com base nas propriedades mecânicas requeridas e tem de ser superior à temperatura aplicada na primeira têmpera.

As durações de permanência da primeira e da segunda têmpera são calculadas através da aplicação da seguinte fórmula empírica:

$$t' = t'' = 0,8x + 120$$

$$t' = t'' = \text{duração de permanência [min]}$$

$$x = \text{espessura [mm]}$$

Uma terceira têmpera a uma temperatura de 30-50 °C abaixo da temperatura máxima previamente aplicada funcionará como ciclo de relaxação das tensões.

Não são recomendadas têmperas a uma temperatura entre 400 e 550 °C, uma vez que reduzem a tenacidade do material. Não devem ser realizadas têmperas a uma temperatura inferior a 200 °C.

A duração de permanência da terceira têmpera é calculada através da aplicação da seguinte fórmula empírica:

$$t''' = 0,8x + 180$$

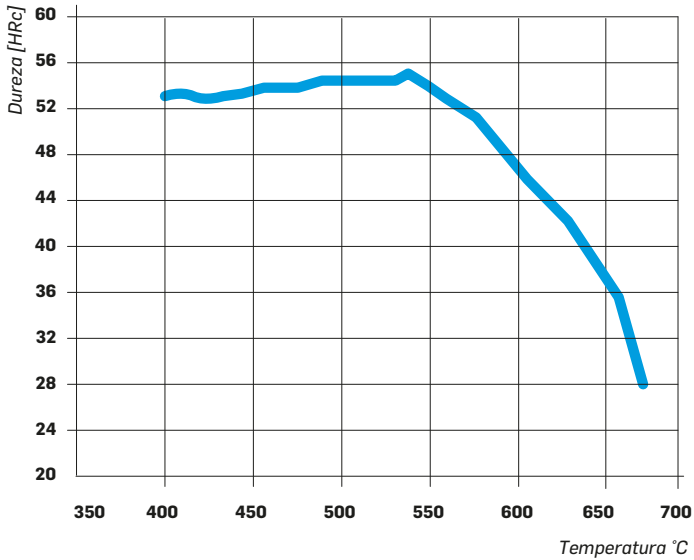
$$t''' = \text{duração de permanência [min]}$$

$$x = \text{espessura [mm]}$$

Temperatura da primeira têmpera	550 - 580 °C
Duração de permanência	$t' = 0,8x + 120$
Arrefecimento	Temperatura ambiente
Temperatura da segunda têmpera	Definir com base nas propriedades mecânicas requeridas, em qualquer caso tem de ser superior à temperatura aplicada na primeira têmpera
Duração de permanência	$t'' = 0,8x + 120$
Arrefecimento	Temperatura ambiente
Temperatura da terceira têmpera	30-50 °C inferior à temperatura máx. aplicada previamente
Duração de permanência	$t''' = 0,8x + 180$
Arrefecimento	Arrefecimento lento no forno até 250 °C, em seguida à temperatura ambiente

Curva de Têmpera

— HRC



A curva de têmpera de uma amostra que foi austenizada a 980 °C. O diagrama apresenta valores obtidos após a segunda têmpera.

VARIAÇÃO NAS DIMENSÕES DURANTE O TRATAMENTO TÉRMICO

Durante o tratamento térmico do EskyLos[®]2343, são excedidos os pontos de transformação de fase. Isto provoca inevitavelmente uma variação no volume do material. Por este motivo, recomendamos que seja mantida uma sobre espessura de maquinação suficiente para compensar a alteração da dimensão devido ao tratamento térmico. Todos os cantos devem ser arredondados.

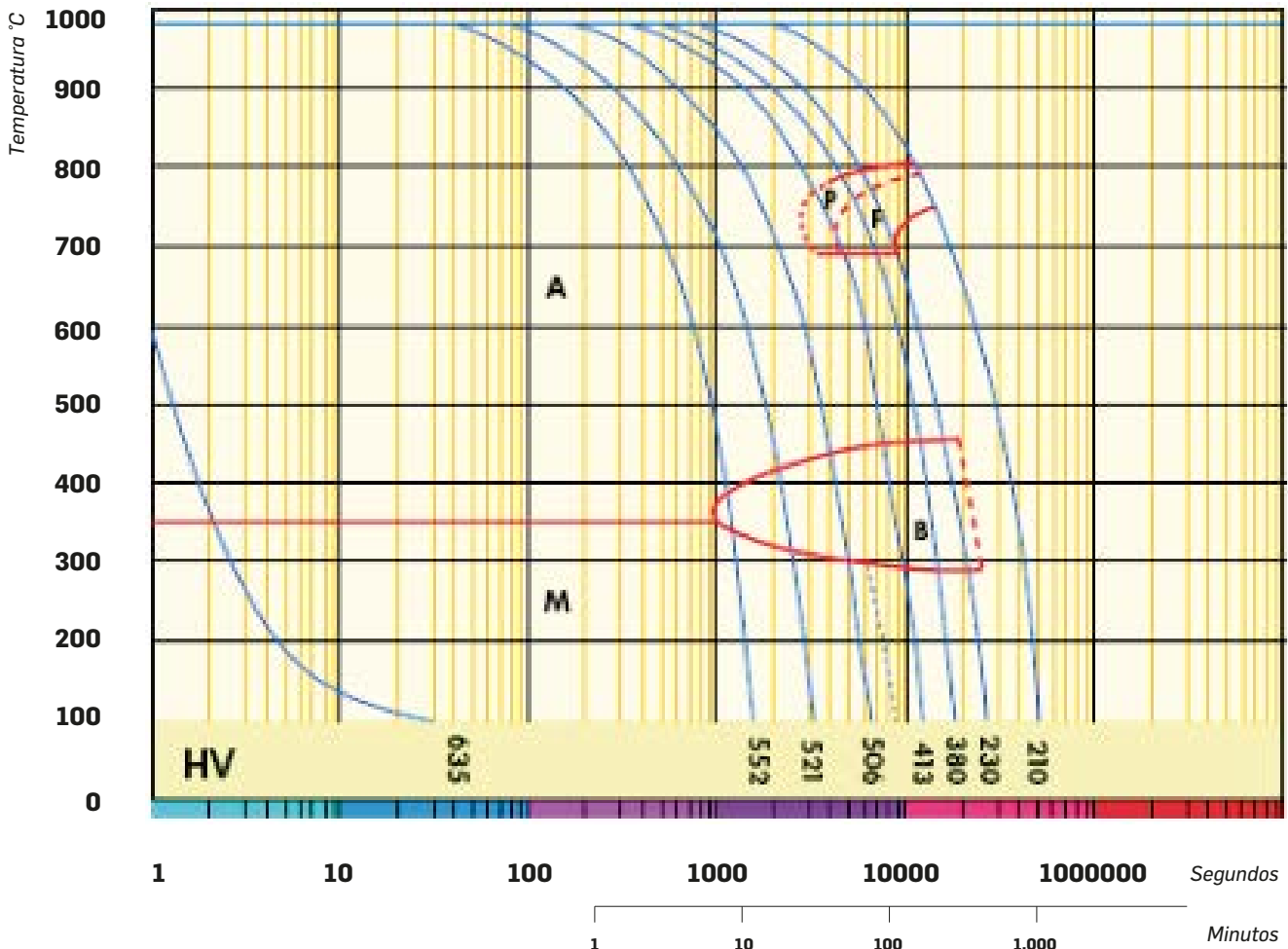
NITRURAÇÃO

O objetivo da nitruração é aumentar a resistência do material ao desgaste e à abrasão. Este tratamento é muito útil no caso dos componentes nos quais é necessário um elevado desempenho, uma vez que prolonga a vida útil do material. Sugerimos a nitruração do componente na condição endurecida e temperada. A temperatura de têmpera tem de ser, no mínimo, 50 °C superior à temperatura de nitruração.

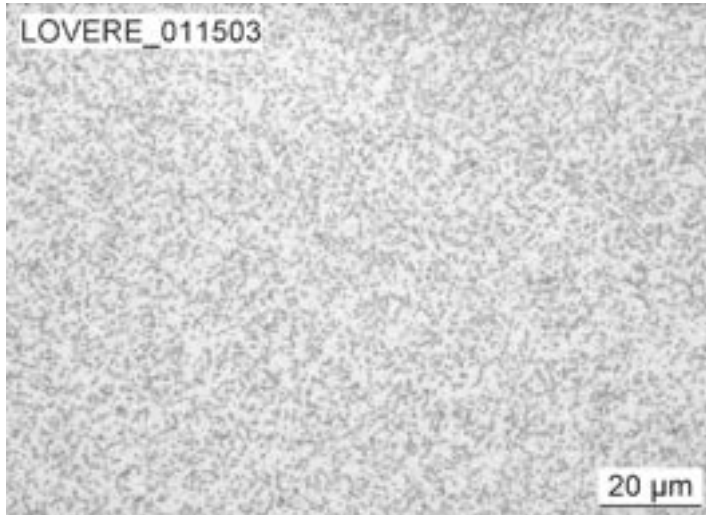
Os processos modernos de nitruração permitem manter as dimensões originais do componente. Recomendamos que o tratamento térmico seja realizado no componente na condição maquinada finalizada.

Em qualquer caso, a Lucchini RS pode analisar e estudar outras propriedades mais aprofundadamente mediante pedido específico do cliente: consulte os especialistas do Departamento MET da Lucchini RS.

Curva TAC



MICROESTRUTURA RECOZIDA DO ESKYLOS®2343



A microestrutura recozida do aço conforme recebido consiste essencialmente numa matriz ferrítica com uma distribuição homogénea dos carbonetos esferoidizados, quando examinados a 500X, depois de terem sido polidos e decaçados com 4% Nital, isento de bandeamento excessivo

COMPARAÇÃO RÁPIDA DOS DIVERSOS TIPOS DE AÇO PARA FERRAMENTAS DE TRABALHO A QUENTE

A seguinte tabela apresenta uma comparação rápida das características mais importantes dos tipos de aço para ferramentas de trabalho a quente produzidos pela Lucchini RS.

Excelente **4**
 Muito Bom **3**
 Bom **2**
 Normal **1**
 Inadequado **0**

FAMÍLIA DE AÇO DA LUCCHINI RS PARA MOLDES DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO

Recozido não resistente à corrosão

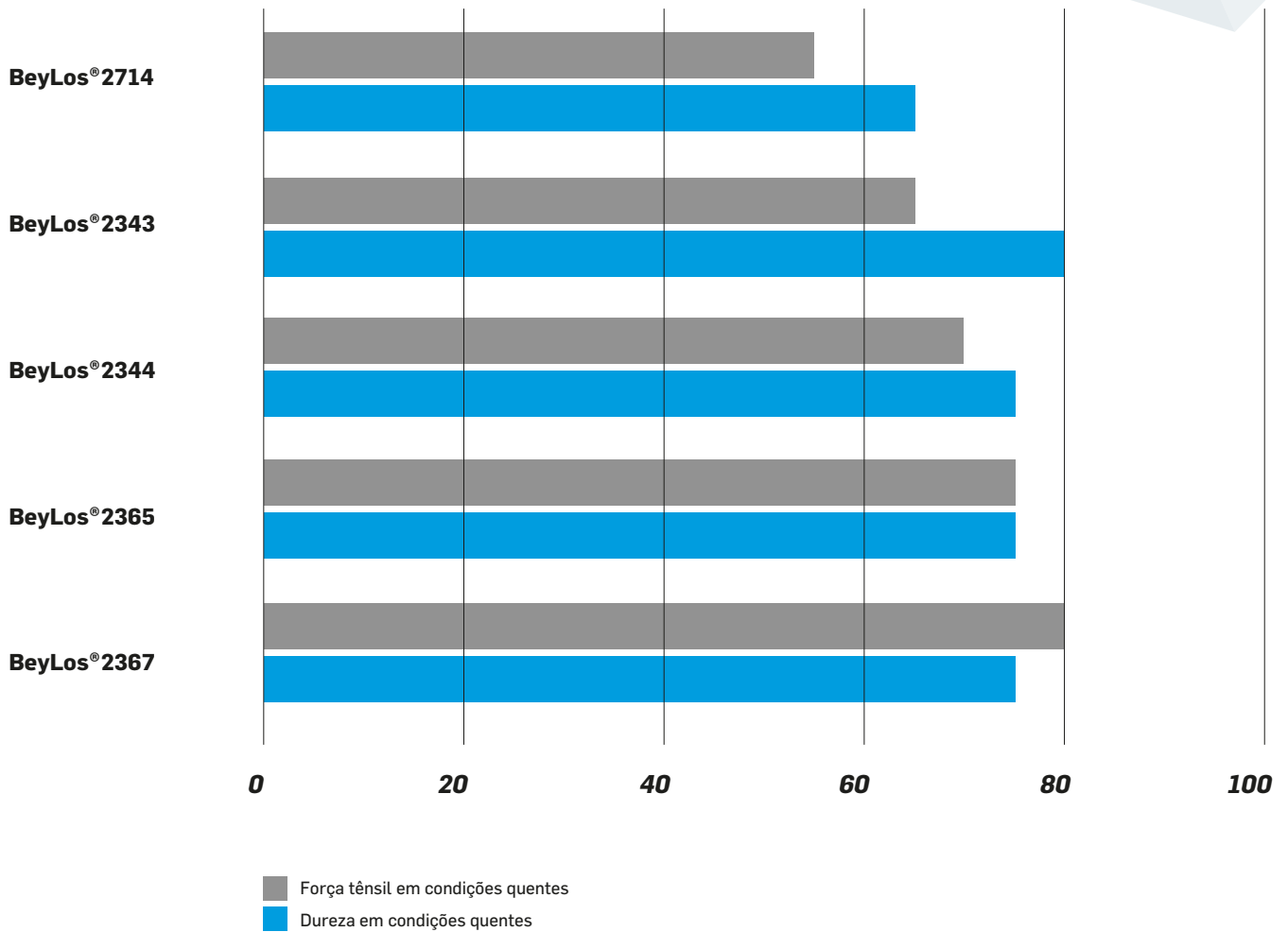
Características especiais e condições entregues	KEYLOS		BEYLOS							ESKYLOS					
	6959	2329	2711	2714	2340	2343	2344	2365M	2367	6959	2340	2343	2344	2365M	2367
HB à superfície em condição recozida	<220	<220	<250	<250	<220	<220	<220	<220	<220	<220	<220	<220	<220	<220	<220
HB à superfície endurecido após maquinação	370-410	370-410	370-410	370-410	400-450	400-450	400-450	400-450	400-450	370-410	400-450	400-450	400-450	400-450	400-450
Espessura máxima (mm)	500	600	500	700	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Dureza e resistência ao desgaste	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
Grau de têmpera total na secção	4	2	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
Tenacidade	4	1	4	4	3	3	2	2	2	4	3	3	2	2	2
Maquinabilidade após recozimento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Maquinabilidade após endurecimento	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Granularidade de textura	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4
Capacidade de polimento	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	3	3	4	3
Reparação por soldadura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Condutividade térmica	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Resistência à corrosão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

As informações e os dados aqui apresentados correspondem a valores habituais ou médios e não representam uma garantia dos valores máximos ou mínimos.

As aplicações sugeridas especificamente para os materiais descritos no presente documento e no guia de comparação rápida dos vários tipos são

apresentadas exclusivamente para efeitos de ilustração, para que o leitor possa fazer a sua própria avaliação, e não representam garantias explícitas nem implícitas de adequação a estas ou outras finalidades.

**COMPARAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS DIFERENTES
AÇOS PARA FERRAMENTAS DE TRABALHO A QUENTE**



AS VANTAGENS DA TECNOLOGIA ESR

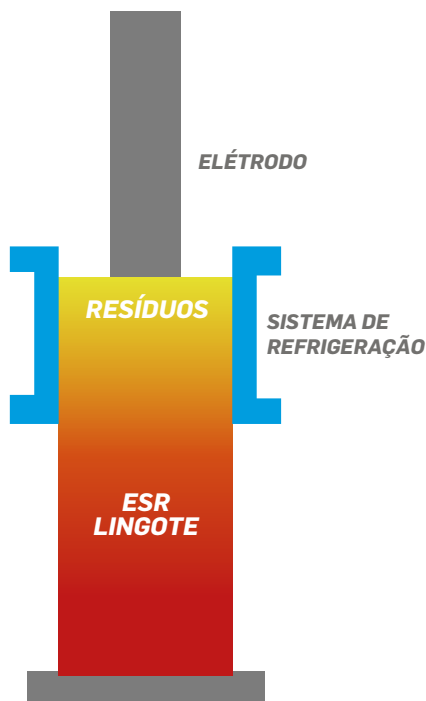
A tecnologia de fabrico ESR (Electro-Slag-Melting) oferece as seguintes vantagens:

- aumento da tenacidade do material;
- elevado nível de micro-limpeza;
- total isotropia do material;
- nível de segregação muito baixo.

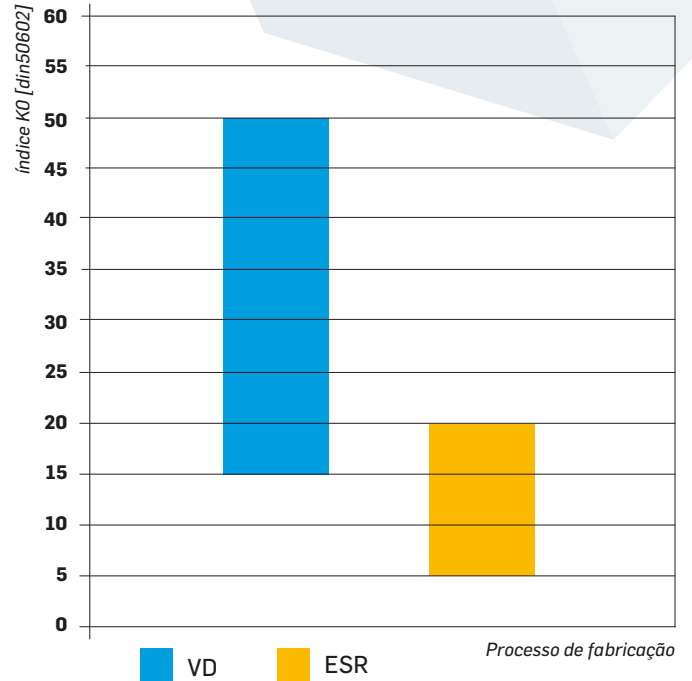
O processo ESR é baseado na refusão de lingotes através de um processo VD (desgasificação pelo vácuo) tradicional, com recurso a um molde de lingote de cobre específico que contém a escória básica.

O lingote é refundido num método pelo qual o metal líquido passa através da escória, que funciona como filtro e retém as inclusões.

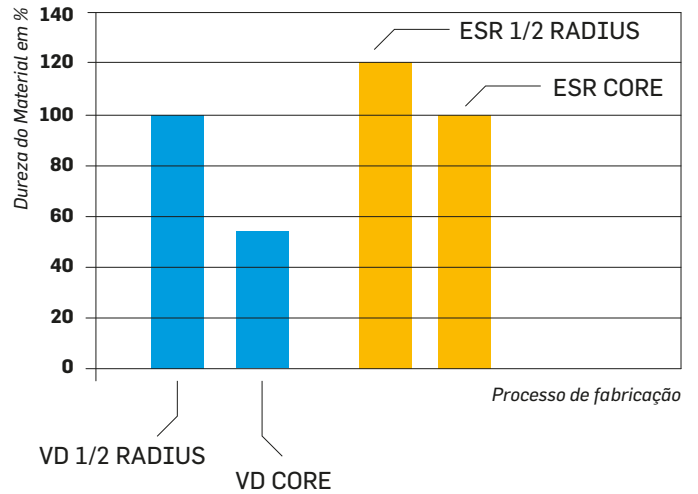
O processo de solidificação no interior do molde do lingote é mais rápido do que num processo tradicional. O resultado é um aço homogéneo e isotrópico.



Nível de pureza K0
de acordo com DIN 50612



Tenacidade vs Processo de Fabricação



Graças ao processo ESR, o EskyLos[®]2343 satisfaz os mais exigentes requisitos ao nível da tenacidade e da adequação ao polimento. É um aço adequado ao fabrico de moldes que são sujeitos a polimento espelhado e a elevadas tensões mecânicas.

ORIENTAÇÃO PARA MAQUINAÇÃO

Os seguintes parâmetros são meramente indicativos e têm de ser adaptados à aplicação específica e às máquinas empregues. Os dados referem-se ao material na condição recozida. Dureza de 220 HB no máx.

Torneamento

Tipo de inserção	Maquinação de desbaste	Maquinação de acabamento		
	P20-P40 com revestimento	HSS	P10-P20 com revestimento	Cermet
V _C Velocidade de corte (m/min)	170 ÷ 220	(*)	200 ÷ 250	240 ÷ 300
a _r Profundidade de passe (mm)	1 ÷ 5	(*)	< 1	< 0,5

Fresagem

Tipo de inserção	Maquinação de desbaste		
	P25-P35 sem revestimento	P25-P35 com revestimento	HSS
V _C Velocidade de corte (m/mm)	160 ÷ 240	180 ÷ 280	(*)
f _x Alimentação (mm)	0,15 ÷ 0,3	0,15 ÷ 0,3	(*)
a _r Profundidade de passe (mm)	2 ÷ 4	2 ÷ 4	(*)

Tipo de inserção	Pré-acabamento		
	P10-P20 sem revestimento	P10-P20 com revestimento	HSS
V _C Velocidade de corte (m/mm)	180 ÷ 260	200 ÷ 280	(*)
f _x Alimentação (mm)	0,2 ÷ 0,3	0,2 ÷ 0,3	(*)
a _r Profundidade de passe (mm)	1 ÷ 2	1 ÷ 2	(*)

Tipo de inserção	Acabamento		
	P10-P20 sem revestimento	P10-P20 com revestimento	Cermet P15
V _C Velocidade de corte (m/mm)	200 ÷ 280	220 ÷ 300	240 ÷ 330
f _x Alimentação (mm)	0,05 ÷ 0,2	0,05 ÷ 0,2	0,05 ÷ 0,2
a _r Profundidade de passe (mm)	0,5 ÷ 0,1	0,5 ÷ 1	0,3 ÷ 0,5

(*) não aconselhável

Perfuração

Tipo de inserção	Ponta com inserções intermutáveis	HSS	Ponta brasada
V_c Velocidade de corte (m/mm)	190 ÷ 220	(*)	60 ÷ 80
f_x Alimentação por volta (mm)	0,05 ÷ 0,15	(*)	0,15 ÷ 0,25

(*) não aconselhável

Fórmulas gerais

Tipo de maquinagem	Perfuração	Fresagem
n: número de voltas do mandril	$\frac{V_c * 1000}{\pi * D_c}$	$\frac{V_c * 1000}{\pi * D_c}$
V_f Velocidade de alimentação (m/min)	$V_f = f_z * n$	$V_f = f_z * n * z_n$
f_n Alimentação por volta (mm/volta)		$f_n = \frac{V_f}{n}$
Nota	<p>D_c Diâmetro do cortador ou ponta de fresagem (mm)</p> <p>V_c Velocidade de corte (m/mm)</p> <p>f_z Alimentação (mm)</p>	<p>f_n Alimentação por volta (mm/volta)</p> <p>z_n Nº de inserções de fresa</p>

Valores equivalentes aproximados entre a dureza e a tensão de rotura à tração

HB	530	520	512	495	480	471	458	445	430	415	405	390	375
HRc	54	53	52	51,1	50,2	49,1	48,2	47	45,9	44,5	43,6	41,8	40,5
MPa	1900	1850	1800	1750	1700	1650	1600	1550	1500	1450	1400	1350	1300
HB	360	350	330	320	305	294	284	265	252	238	225	209	195
HRc	38,8	37,6	35,5	34,2	32,4	31	29	27	—	—	—	—	—
MPa	1250	1200	1150	1100	1050	1000	950	900	850	800	750	700	650

SOLDADURA

A soldadura do EskyLos®2343 permite obter bons resultados se for seguido o procedimento recomendado. Uma vez que se trata de um aço com um elevado conteúdo Equivalente de Carbono, o EskyLos®2343 é muito sensível à fissuração. Recomendamos que realize um pré-aquecimento e um tratamento térmico após a soldadura.

Condição do material	Recozido com uma dureza de 220 HB no máximo	
Técnica de soldadura	TIG	MMA
Pré-aquecimento	330 ÷ 380 °C	
Tratamento térmico recomendado	Aquecimento do material a 850 °C, arrefecimento no forno a 600 °C a uma velocidade de 20 °C/h, arrefecimento à temperatura ambiente	
Condição do material	Endurecido e temperado	
Técnica de soldadura	TIG	MMA
Pré-aquecimento	330 ÷ 380 °C	
Tratamento térmico recomendado	650 °C ou menos 50 °C do que a temperatura aplicada previamente	

ELETROEROSIVO (EDM)

O EskyLos®2343 pode ser maquinado por EDM para obter uma forma complexa.

Posteriormente é aconselhável a relaxação das tensões do material.

CROMAGEM

O EskyLos®2343 pode ser cromado para melhorar as características mecânicas à superfície.

Para evitar a fragilidade por hidrogénio, aconselhamos a execução, num prazo de 4 horas após a cromagem, do tratamento térmico a 200 °C durante cerca de 4 horas.

FOTO-GRAVAÇÃO

Graças aos processos de produção modernos e ao baixo conteúdo de enxofre, o EskyLos®2343 é adequado à foto-gravação para obtenção de diversos padrões.

POLIMENTO

O EskyLos®2343 é especialmente adequado ao polimento espelhado graças ao processo ESR.

SELEÇÃO DE PROCESSOS E MATERIAIS PARA A RECICLABILIDADE DE PRODUTOS

De acordo com o potencial de reciclagem do aço, a Lucchini RS está a adotar uma estratégia para a excelência ambiental na conceção e no fabrico dos seus próprios tipos de aço para ferramentas, colocando em prática o conceito de eficiência ecológica.

Os principais procedimentos adotados são:

- realização de uma avaliação ambiental dos processos e dos produtos, com uma utilização mínima de materiais virgens e formas de energia não renováveis;
- mudança para processos de fabrico de desperdício zero, considerando que o destino final do molde inutilizado tornar-se matéria-prima para o próximo processo de fabrico de aço, ou seja, a filosofia "os resíduos são matéria-prima";
- realização de uma avaliação do ciclo de vida útil para cada um dos produtos e processos, minimizando os custos ambientais do produto e do serviço ao longo de todos os respetivos ciclos de vida útil, desde a criação à eliminação, ou seja, a filosofia "cradle to cradle" (da origem à origem).



LUCCHINI RS
distribuidor exclusivo



Rua da Finlândia, lote 45
Zona Industrial
Casal da Lebre
Apartado 291
2431-904 Marinha Grande
PORTUGAL

tel (aços) +351 244 570 240
tel (loja) +351 244 570 245
fax +351 244 570 249
email geral@ferrolmarinha.pt
www.ferrolmarinha.pt

