

# **ESKY<sup>®</sup> LOS 2344HDC**

Trabalho a Quente Especial  
Aço-ferramenta altamente  
resistente à fadiga térmica e ao  
desgaste de alta temperatura  
com qualidade ESR

## Características gerais

O EskyLos<sup>®</sup> 2344 HDC é um Aço-ferramenta de Trabalho a Quente Cromo-Molibdênio-Vanádio especial de alta liga projetado para a fabricação de matrizes, moldes, punções e outros componentes sujeitos a altas temperaturas de trabalho.

**Ele foi projetado para as matrizes de fundição sob pressão de Ligas Leves (Al-Mg) de alta pressão mais exigentes de acordo com a especificação NADCA #207-2016.**

O EskyLos<sup>®</sup> 2344 HDC também é produzido por meio do processo de Refusão por Eletroescória, ESR, com o objetivo de fornecer propriedades quase-isotáticas especiais a todo o volume do molde.

A especificação acima mencionada, como uma das referências mundiais mais importantes para aplicações de fundição sob pressão, com critérios de aceitação muito eficazes, concentra-se em duas macro fases do processo de fabricação do molde.

- O processo de fabricação do bloco de aço, que precisa de uma capacidade de aço recozido;
- O procedimento para o tratamento térmico da matriz, que precisa de uma capacidade HT.

Com particular referência à primeira, a NADCA #207-2016 exige a avaliação da “capacidade do aço recozido” pela localização das amostras no núcleo do bloco, o mais crítico, de acordo com os principais indicadores de qualidade descritos na Tabela 1.

Os indicadores de capacidade de aço recozido são testados e certificados de acordo com a instrução técnica interna da Lucchini RS I.T.MET U003.

Graças à análise química otimizada ( $P < 0,0015\%$ ,  $S < 0,003\%$  e baixo teor de elementos secundários), juntamente com o processo de Refusão por Eletroescória, seguido de forjamento especial e procedimentos de tratamento térmico especificamente projetados, a Lucchini RS é capaz de alcançar a “capacidade do aço recozido” acima referida, garantindo um nível extremamente alto de qualidade do material.

Os pontos fortes deste aço são:

- particularmente favorável ao tratamento térmico
- alta resistência ao choque térmico e a fissuras térmicas;
- boas características mecânicas em condições quentes;
- boa tenacidade em condições quentes;
- dureza constante ao longo do ciclo de produção;
- excelente usinabilidade.

O EskyLos<sup>®</sup> 2344 HDC normalmente é fornecido como bloco forjado, em usinagem grosseira, recozido para 220 HB máx. com a seguinte faixa de tamanho padrão: largura 600-800-1050 mm x espessura 200-600 mm x comprimento.

Mediante solicitação do cliente, dimensões maiores podem ser fabricadas pelo processo de forjamento 3D especial.

Quando submetido a um endurecimento adequado, seguido de pelo menos dois revenidos adequados, o EskyLos<sup>®</sup> 2344 HDC pode atingir uma dureza de 50 HRc sem afetar a tenacidade.

Para melhorar ainda mais as características mecânicas da superfície, o EskyLos<sup>®</sup> 2344 HDC pode ser revestido com os métodos PVD ou PA/CVD.

Para cada bloco único, a Lucchini RS garante um alto nível de qualidade do material com base no **controle dos principais indicadores de qualidade da capacidade do aço recozido**, resumidos na Tabela 1 “Capacidade do aço recozido”.

Tabela 1: Capacidade do aço recozido

A	Classe	ESKY <sup>®</sup> LOS 2344HDC
B	Dureza Brinell de Recozidos	≤ 220 HB
C	Análise Química (como Análise do Produto)	De acordo com o padrão Lucchini RS. Local de amostragem: $1/2 W + 1/2 T$
D	Microlimpeza	De acordo com o Método A ASTM E45 (0,5 de campo) NADCA #207-2016 Local de amostragem: $1/2 W + 1/2 T$
E	Qualidade UT	UNI EN 10228-3 Classe 4
F	Tamanho de Grão	Nº 7 ou mais fino de acordo com a ASTM E112 Local de amostragem: $1/2 W + 1/2 T$
G	Microestrutura Recozida	NADCA #207-2016 Local de amostragem: $1/2 W + 1/2 T$
H	Segregação de Bandas	NADCA # 207-2016 Local de amostragem: $1/2 W + 1/2 T$
I	Testes de Capacidade de Impacto	NADCA # 207-2016 Local de amostragem: $1/2 W + 1/2 T$
Esboço do local de amostragem		

A NADCA requer a avaliação da “capacidade do processo de tratamento térmico” da matriz: trata-se de uma exigência muito eficaz, geralmente não incluída em outras especificações.

## Análise química

	Faixa	C [%]	Si [%]	Mn [%]	Cr [%]	Mo [%]	V [%]	S [%]	P [%]
<b>ESKY<sup>®</sup></b> <b>LOS 2344HDC</b>	mín.	0,35	0,80	0,30	4,80	1,20	0,80	/	/
Liga [% em peso]	máx.	0,40	1,10	0,50	5,50	1,50	1,00	0.003	0.015

Tabela para comparação de classificação internacional

<b>W. Nr.</b>	<b>1.2344</b>
<b>DIN</b>	<b>X40CrMoV5-1</b>
<b>AFNOR</b>	<b>Z40CDV5</b>
<b>AISI</b>	<b>H13</b>
<b>UNI</b>	<b>X40CrMoV5 1 1 KU</b>

**Análise térmica** obtida durante o vazamento do aço: de acordo com a NADCA #207-2016, como mostrado na tabela acima.

**Análise do produto:** a fim de considerar os possíveis desvios devido à reprodutibilidade analítica e à heterogeneidade do aço, a gama da composição química

aplicável à análise do produto geralmente é mais ampla que a aplicável à análise térmica para os valores C e Cr. Este ponto é regulado pela Tabela 6 da DIN 17 350.

Para assegurar excelentes propriedades mecânicas para este tipo de aço (1,2344), mesmo para blocos de tamanho grande (obtidos com um processo de forjamento 3D especial), a análise química foi otimizada pela Lucchini RS. Esta análise química especial pode diferir ligeiramente da análise acima mencionada a respeito dos produtos padrão.

Os aços-ferramenta da Lucchini RS foram pesquisados e formulados para otimizar o desempenho do material. O nome da marca identifica o produto Lucchini RS, o número refere-se à classificação Werkstoff; "HDC" significa "HIGH DIE CASTING" (fundição sob alta pressão).

## Principais aplicações

EskyLos<sup>®</sup> 2344 HDC é adequado para as seguintes aplicações:

- matrizes para fundição sob pressão de alumínio;
- matrizes sujeitas a baixa pressão;
- coquilhamento de moldes para fundição por gravidade;
- recipientes para prensas de fundição sob pressão;
- matrizes para extrusão de alumínio;
- blocos de prensas de extrusão;
- mangas para prensas de extrusão;
- moldes de injeção.

## Propriedades físicas e mecânicas

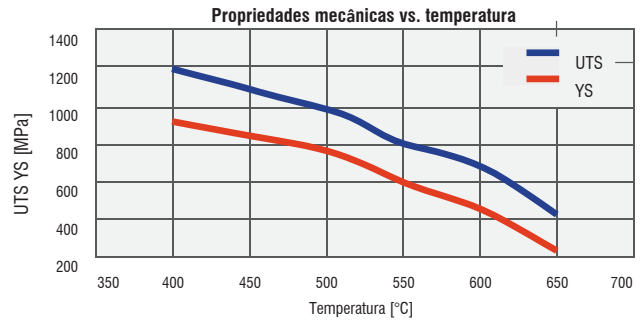
### Principais propriedades físicas

<b>ESKY<sup>®</sup> LOS 2344HDC</b>	20°C	400°C	600°C
Módulos de elasticidade [GPa] (1GPa=1000 MPa)	210	179	168
Coefficiente de expansão térmica de 20°C a [10 <sup>-6</sup> /K]	-	11,9	13,0
Condutividade térmica [W/mK]	26,0	29,1	32,0

### Propriedades mecânicas principais

<b>ESKY<sup>®</sup> LOS 2344HDC</b>	400°C	500°C	600°C
Limite de resistência à tração (UTS) [MPa]	1,170	980	710
Limite de escoamento (YS)	920	780	500

Esses valores são a média obtida em uma amostra que foi endurecida a 1020°C, temperada e revenida a 630°C para atingir uma dureza de 44 HRC.



## Tratamentos térmicos

EskyLos<sup>®</sup> 2344 HDC é fornecido em condição recozida. Caso uma dureza diferente ou um tratamento térmico seja necessário, sugerimos a aplicação dos seguintes parâmetros.

Estas informações são apenas indicativas e devem ser adaptadas dependendo das diferentes instalações de tratamento térmico empregadas e da espessura da barra: para qualquer dúvida e requisitos específicos, entre em contato com nossa equipe técnica do Departamento de Metalurgia e Laboratórios.

### Recozimento pleno

Temperatura sugerida	850 °C
Aquecimento	Máx 50 °C/h
Tempo de encharcamento	Mínimo 120 min a partir do momento em que a temperatura estabiliza
Resfriamento	Devagar no forno a no máx 25 °C/h a 600 °C, em seguida, em temperatura ambiente

O recozimento pleno é recomendado quando a usinabilidade ideal do material for importante. Após o recozimento pleno, uma dureza de cerca de 220 HB é atingida.

### Alívio da Tensão

Temperatura sugerida	650 °C
Aquecimento	Máx 100 °C/h
Tempo de encharcamento	Mínimo 120 min a partir do momento em que a temperatura estabiliza
Resfriamento	Devagar no forno a no máx 25 °C/h a 200°C, em seguida, em temperatura ambiente

Caso a temperatura sugerida seja inferior à temperatura de revenido, a temperatura de alívio da tensão será 50° C inferior à temperatura de revenido aplicada anteriormente.

Recomendamos fortemente executar o alívio da tensão:

- Após usinagem grosseira, a fim de minimizar distorções e evitar fissuras de têmpera por tratamento de endurecimento;
- Após a usinagem final, antes da primeira amostragem, para evitar possíveis danos à superfície da cavidade e subsuperfície causados por fresamento rígido não otimizado.

#### Endurecimento

Sugerimos realizar o endurecimento do material fornecido na condição recozida e o revenido imediatamente depois.

O endurecimento deve ser realizado após o pré-aquecimento do material conforme a tabela a seguir.

Primeira temperatura de pré-aquecimento	400 °C
Aquecimento	Máx 150 °C/h
Tempo de encharcamento	25 min a cada 25 mm de espessura ou quando (Ts-Tc) < 90 °C
Segunda temperatura de pré-aquecimento	600 °C
Aquecimento	Máx 150 °C/h
Tempo de encharcamento	20 min a cada 25 mm de espessura ou quando (Ts-Tc) < 90 °C
Terceira temperatura de pré-aquecimento	800 °C
Aquecimento	Máx 150 °C/h
Tempo de encharcamento	20 min a cada 25 mm de espessura ou quando (Ts-Tc) < 90 °C

O objetivo do primeiro pré-aquecimento a 400°C é eliminar as tensões causadas pela usinagem. Os seguintes ciclos de pré-aquecimento a 600°C e 800°C são necessários para homogeneizar a temperatura da peça. Recomendamos uma taxa de aquecimento de 150°C/h máx.

O tempo das diferentes etapas do pré-aquecimento é calculado com base na espessura da peça e na temperatura, conforme mostrado na tabela.

Alternativamente, o tempo pode ser ajustado com base na diferença entre a temperatura interna (Tc) e a temperatura da superfície (Ts) da peça, medida por meio de dois termopares.

Após o terceiro pré-aquecimento a 800°C, a temperatura de austenitização deve ser atingida o mais rápido possível e mantida por 30 minutos a partir de quando (Ts-Tc) < 15°C ou com base na seguinte fórmula:

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

t = tempo de encharcamento [min]  
x = espessura [mm]

Temperatura de austenitização	1010-1030°C
Aquecimento	> 150°C/h
Tempo de encharcamento	t = (x + 39) / 2 ou 30 min de quando (Ts-Tc) < 15 °C
Resfriamento	Ar, resfriamento a vácuo, banho de sal, polímero em H2O

#### Revenido

Recomenda-se definir a temperatura do primeiro revenido em 580°C, próximo à dureza secundária.

A temperatura do segundo revenido deve ser ajustada com base nas propriedades mecânicas necessárias e deve ser superior à temperatura aplicada para o primeiro revenido.

O tempo de encharcamento para o primeiro e o segundo revenido é calculado aplicando a seguinte fórmula empírica:

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

t' = t'' = tempo de encharcamento [min]  
x = espessura [mm]

Um terceiro revenido a uma temperatura de 30-50°C abaixo da temperatura máxima aplicada anteriormente funcionará como um ciclo de alívio de tensão.

Os revenidos a uma temperatura entre 400 e 550°C não são recomendados, pois reduzem a tenacidade do material. Revenidos a uma temperatura inferior a 200°C não devem ser realizados.

O tempo de encharcamento para o terceiro revenido é calculado aplicando a seguinte fórmula empírica:

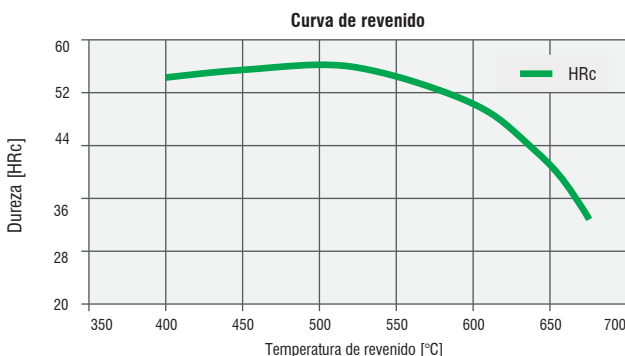
$$t''' = 0,8 x + 180$$

t''' = tempo de encharcamento [min]  
x = espessura [mm]

Primeira temperatura de revenido	550 - 580 °C
Tempo de encharcamento	$t' = 0,8 x + 120$
Resfriamento	Temperatura ambiente

Segunda temperatura de revenido	Definida com base nas propriedades mecânicas necessárias, em todos os casos superior à temperatura aplicada para o primeiro revenido.
Tempo de encharcamento	$t'' = 0,8 x + 120$
Resfriamento	Temperatura ambiente

Terceira temperatura de revenido	30-50°C abaixo da temperatura máxima aplicada anteriormente
Tempo de encharcamento	$t''' = 0,8 x + 180$
Resfriamento	Resfriamento lento no forno até 250°C e depois à temperatura ambiente



Curva de revenido de uma amostra que foi austenitizada a 1020°C. O diagrama mostra os valores obtidos após o segundo revenido.

#### Varição nas dimensões durante o tratamento térmico

Durante o tratamento térmico do EskyLos<sup>®</sup> 2344 HDC, os pontos de transformação de fase são excedidos. Inevitavelmente, isso causa uma variação no volume do material. Por esse motivo, recomendamos deixar uma margem de usinagem suficiente para compensar a mudança de dimensão devido ao tratamento térmico. Todos os cantos devem ser arredondados.

#### Nitretação

O objetivo da nitretação é aumentar a resistência do material ao desgaste e à abrasão. Esse tratamento é muito útil para componentes cujo alto desempenho é necessário, pois prolonga a vida útil do material. Isso permite um valor de dureza da camada nitretada em torno de 900-1000 HV.

Sugerimos nitretar o componente nas condições endurecida e revenida. A temperatura de revenido deve ser pelo menos 50°C mais alta que a temperatura de nitretação.

Os modernos processos de nitretação permitem manter as dimensões originais do componente. Recomendamos tratamento térmico do componente na condição usinada acabada.

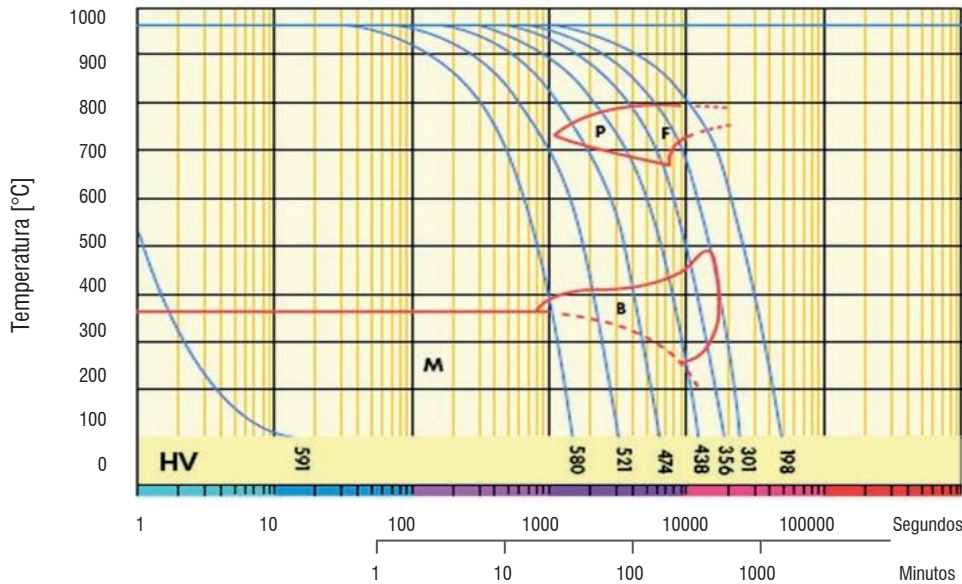
#### Observações

De acordo com as instruções técnicas internas I.T. MET U002, a Lucchini RS selecionou empresas de tratamento térmico altamente especializadas, que executam o endurecimento a vácuo em conformidade com o procedimento de tratamento térmico Lucchini RS I.T.MET - U001.

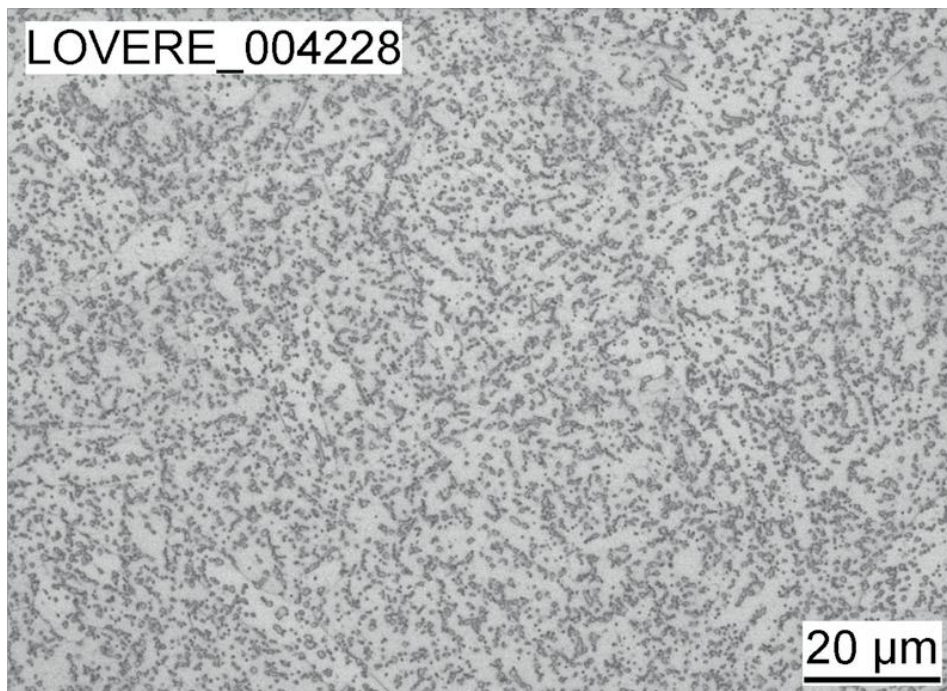
É altamente recomendável enviar suas matrizes para uma das empresas de tratamento térmico oficialmente aprovadas pela Lucchini RS.

Para mais informações, entre em contato com nosso Distribuidor - Centro de Serviços local ou nosso Departamento de Vendas. Em caso de diferentes necessidades de tratamento térmico (como banho de sal), entre em contato com nossa equipe técnica do Departamento de Metalurgia e Laboratórios.

## Curva CCT



## Microestrutura recozida do Eskylos<sup>®</sup> 2344 DC



A microestrutura recozida do aço recebido é constituída essencialmente por uma matriz ferrítica com uma distribuição homogênea de carbonetos esferoidizados, quando examinada a 500X, após polida e gravada com Nital a 4%, livre de bandas excessivas.

## As vantagens da tecnologia ESR

A tecnologia de fabricação ESR (Refusão por Electroescória) oferece as seguintes vantagens:




- aumento da tenacidade do material;
- alto nível de microlimpeza;
- isotropia total do material;
- nível de segregação muito baixo.

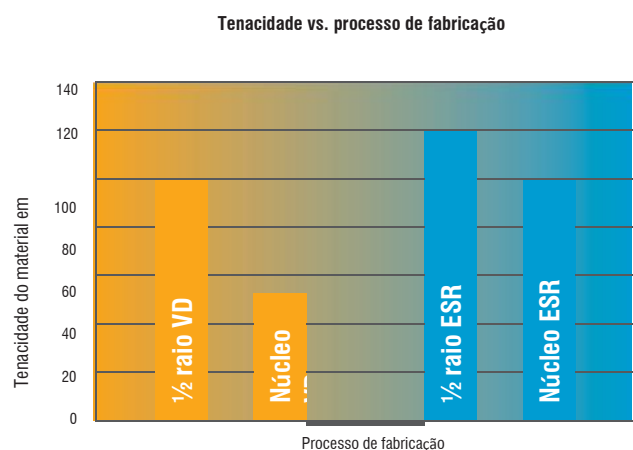
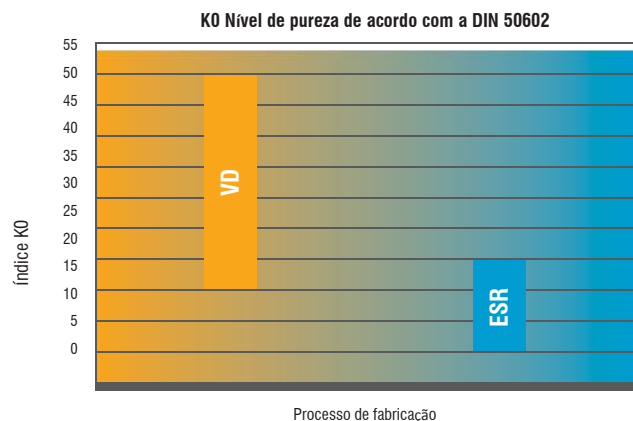
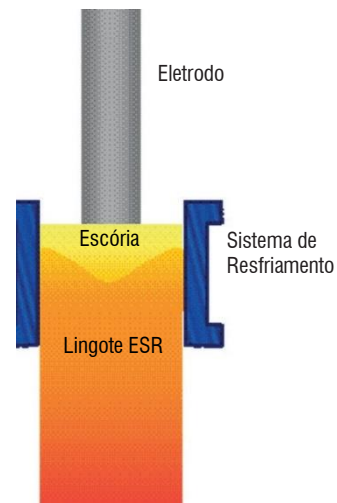
O processo de ESR é baseado na refusão de lingotes, por meio de um processo tradicional de VD (degaseificação a vácuo), usando um molde de lingote de cobre específico que contém escória básica.

O lingote é refundido de uma maneira que o metal líquido passa através da escória, que atua como um filtro e retém as inclusões.

O processo de solidificação dentro do molde de lingote é mais rápido do que em um processo tradicional.

O resultado é um aço homogêneo e isotrópico.

	<p>Moldes de componentes plásticos pintados ou transparentes para o setor automotivo. Moldes para acabamento de carros, faróis dianteiros e traseiros de carros, lentes.</p>
	<p>Versão especial dedicada a Al &amp; Mg de alta pressão Fundição sob pressão de acordo com as especificações SEP1614.96 / VDG M82-1993.</p>
	<p>Nova versão projetada para a aplicação mais rigorosa de fundição sob pressão Al &amp; Mg de alta pressão, de acordo com a especificação NADCA #229-2016.</p>



Graças ao processo ESR, o EskyLos<sup>®</sup> 2344 HDC atende aos requisitos mais complexos em termos de tenacidade e adequação ao polimento. Ele é adequado para a fabricação de moldes sujeitos a polimento de espelhos e a alta tensão mecânica.



## Orientação para usinagem

Os parâmetros a seguir são apenas indicativos e devem ser adaptados à aplicação específica e às máquinas utilizadas. Os dados se referem ao material na condição recozida. Dureza 220 HB máx.

### Torneamento

Tipo de inserto	Usinagem grosseira		Usinagem final	
	P20-P40 revestido	HSS	P10-P20 revestido	Metal cerâmico
V <sub>c</sub> velocidade de corte [m/min]	170 ÷ 220	(*)	200 ÷ 250	240 ÷ 300
a <sub>r</sub> profundidade de corte [mm]	1 ÷ 5	(*)	< 1	< 0,5

### Fresagem

Tipo de inserto	Usinagem grosseira		
	P25-P35 não revestido	P25-P35 revestido	HSS
V <sub>c</sub> velocidade de corte [m/min]	160 ÷ 240	180 ÷ 280	(*)
f <sub>z</sub> alimentação [mm]	0,15 ÷ 0,3	0,15 ÷ 0,3	(*)
a <sub>r</sub> profundidade de corte [mm]	2 ÷ 4	2 ÷ 4	(*)

Tipo de inserto	Pré-acabamento		
	P10-P20 não revestido	P10-P20 revestido	HSS
V <sub>c</sub> velocidade de corte [m/min]	180 ÷ 260	200 ÷ 280	(*)
f <sub>z</sub> alimentação [mm]	0,2 ÷ 0,3	0,2 ÷ 0,3	(*)
a <sub>r</sub> profundidade de corte [mm]	1 ÷ 2	1 ÷ 2	(*)

Tipo de inserto	Acabamento		
	P10-P20 não revestido	P10-P20 revestido	Metal cerâmico P15
V <sub>c</sub> velocidade de corte [m/min]	200 ÷ 280	220 ÷ 300	240 ÷ 330
f <sub>z</sub> alimentação [mm]	0,05 ÷ 0,2	0,05 ÷ 0,2	0,05 ÷ 0,2
a <sub>r</sub> profundidade de corte [mm]	0,5 ÷ 1	0,5 ÷ 1	0,3 ÷ 0,5

(\*) não recomendável

Perfuração

Tipo de inserto	ponta com insertos intercambiáveis	HSS	ponta de brasagem
$V_c$ velocidade de corte [m/min]	190 ÷ 220	(*)	60 ÷ 80
$f_z$ alimentação por giro [mm/giro]	0,05 ÷ 0,15	(*)	0,15 ÷ 0,25

(\*) não recomendável

Fórmulas gerais

Tipo de usinagem	Perfuração	Fresagem
n: número de giros do mandril	$V_c * 1000 / \pi * D_c$	$V_c * 1000 / \pi * D_c$
$V_f$ : velocidade de alimentação [m/min]	$V_f = f_z * n$	$V_f = f_z * n * z_n$
$f_z$ alimentação por giro [mm/giro]	-	$f_n = V_f / n$
Observação	$D_c$ : Diâmetro da fresa ou ponta [mm] $V_c$ : velocidade de corte [m/min] $f_z$ : alimentação [mm]	$f_n$ : alimentação por giro [mm/giro] $z_n$ : N <sup>o</sup> de insertos da fresa

Valores equivalentes aproximados entre dureza e limite de resistência 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	1,900	1,850	1,800	1,750	1,700	1,650	1,600	1,550	1,500	1,450	1,400	1,350	1,300

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	1,250	1,200	1,150	1,100	1,050	1,000	950	900	850	800	750	700	650

## Solda

A solda do EskyLos<sup>®</sup> 2344 HDC pode dar bons resultados se o seguinte procedimento for seguido. Sendo um aço com alto teor de Carbono Equivalente, o EskyLos<sup>®</sup> 2344 HDC é muito sensível a fissuras.

Recomendamos a realização de pré-aquecimento e tratamento térmico após a solda.

Condição do material	Recozido com dureza 220 HB máx.	
Técnica de solda	TIG	MMA
Pré-aquecimento a	330 ÷ 380 °C	
Tratamento térmico recomendado	Aquecimento do material a 850°C, resfriamento no forno a 600°C a uma taxa de 20°C/h, resfriamento à temperatura ambiente	
Condição do material	Endurecido e revenido	
Técnica de solda	TIG	MMA
Pré-aquecimento a	330 ÷ 380 °C	
Tratamento térmico recomendado	650°C ou 50°C abaixo da temperatura de revenido aplicada anteriormente	

## Usinagem por Descarga Elétrica (EDM)

EskyLos<sup>®</sup> 2344 HDC pode ser usinado por descarga elétrica para obter formas complexas.

Depois, é aconselhável realizar o alívio da tensão do material.

## Cromação

O EskyLos<sup>®</sup> 2344 HDC pode ser cromado para aprimorar as características mecânicas na superfície.

Dentro de 4 horas da cromação, para evitar a fragilização de hidrogênio, é recomendável realizar um tratamento térmico a 200°C por cerca de 4 horas.

## Fotogravação

Graças aos modernos processos de produção e ao baixo teor de enxofre, o EskyLos<sup>®</sup> 2344 HDC é adequado para a fotogravação a fim de obter vários padrões.

## Polimento

EskyLos<sup>®</sup> 2344 HDC é particularmente adequado para polimento de espelhos devido ao processo de ESR (Remoção de Eletroescória).

## Seleção de processos e materiais para reciclagem de produtos

De acordo com o potencial de reciclagem do aço, a Lucchini RS está adotando uma estratégia para excelência ambiental na concepção e fabricação de classes de aço ferramenta, colocando a ecoeficácia em prática.

As principais etapas adotadas são:

- realizar uma avaliação ambiental de processos e produtos, com o uso mínimo de materiais virgens e formas não renováveis de energia;
- avançar para processos de fabricação sem desperdício, considerando que o destino final de um molde de aço sucateado se torna alimento para o próximo processo de fabricação de aço, que é a filosofia "desperdício é igual a comida";
- conduzir uma avaliação do ciclo de vida de cada produto e processo, minimizando o custo ambiental do produto e do serviço ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a criação até o descarte, que é a filosofia "de berço a berço".

**Lucchini RS S.p.a.**

Via Giorgio Paglia, 45 24065  
Lovere (BG) - Itália Telefone  
+39 035 963566  
info@lucchinirs.com

**Lucchini Industries S.r.l.**

Via Oberdan, 6/A 25128  
Brescia - Itália  
Telefone +39 035 963566  
info@lucchinirs.com

**Lucchini Mamé Forge S.p.a.**

Via delle Cave, 1  
25040 Cividate Camuno (BS) - Itália  
Telefone +39 0364 347711  
info@lucchinirs.com

**Lucchini Tool Steel S.r.l.**

Via dei Piazzoli, 1  
24040 Suisio (BG) - Itália  
Telefone +39 035 4936611  
info@LucchiniToolSteel.com

**Distribuidor no Brasil:**

Conte Distribuidora de aços Ltda  
Joinville/SC  
Telefone: (47) 3033-2800  
e-mail: [marlon\\_vendas@conteacos.com.br](mailto:marlon_vendas@conteacos.com.br)  
Pessoa de contato: Marlon Conte