

ESKY[®] LOSHiMo

Aço ESR, de alto desempenho para a aplicação de fundição sob pressão de Ligas de Al e Mg.

Características gerais

EskyLos[®] HiMo é a nova versão da família de aços para Ferramentas de Trabalho a Quente Cromo-Molibdênio-Vanádio de alta liga. Essa família foi desenvolvida pela Lucchini RS a partir do reconhecido grau EskyLos[®] 2344, aumentando o teor de Molibdênio (Mo) e adicionando elementos especiais de microligação, como o Tungstênio (W).

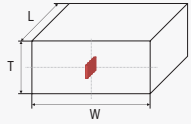
Projetado para as matrizes de fundição sob pressão de Ligas Leves (Al-Mg) de alta pressão mais exigentes, o EskyLos[®] HiMo está em plena conformidade com a NADCA #207 em relação à microestrutura recozida, à segregação de bandas e aos testes de capacidade de impacto.

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 principais recursos do EskyLos[®] HiMo são:

- excelente isotropia;
- resistência e propriedades mecânicas altas
- alta temperabilidade
- alta condutividade térmica
- alta resistência ao revenido;
- alta estabilidade térmica
- alta resistência à fadiga térmica e a fissuras a quente;
- excelente tenacidade a fraturas sob condições quentes e frias;
- alta ductilidade
- alta resistência ao desgaste e à erosão
- alta resistência à oxidação
- necessidade de temperatura de núcleo muito alta para o desempenho ideal
- adequado para matrizes médias e grandes (até 2 toneladas)
- adequado para matrizes de longo prazo produzindo peças de paredes grossas

A		ESKY [®] LOS HiMo
B		≤ 220 HB
C		1/2W + 1/2T
D		1/2W + 1/2T
E		
F		ASTM E112 ≥ 5 1/2W + 1/2T
G		NADCA #207 I.T. MET U003 1/2W + 1/2T
H		NADCA #207 1/2W + 1/2T
I		NADCA #207 Kv ≥ 19 (15) J 1/2W + 1/2T



A conformidade com a NADCA #207 indica a capacidade do material atingir as propriedades exigidas para o ótimo desempenho do ferramental.

Análise química


	Faixa	C [%]	Cr [%]	Si [%]	Mo [%]	Mn [%]	V [%]	S [%]	P [%]	W [%]
 Liga [% em peso]	mín.	0,32	4,80	0,10	2,00	0,30	0,40	/	/	+
	máx.	0,40	5,50	0,30	2,40	0,50	0,70	0.003	0.015	

Tabela para comparação de classificação internacional

W. Nr. ~1.2344 / ~1.2343

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

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.

Os aços-ferramenta da Lucchini RS são projetados para otimizar o desempenho do material.

O nome da marca identifica o produto Lucchini RS, "HiMo" significa "HIGH MOLYBDENUM" (alto teor de molibdênio).

Principais aplicações

- Moldes de fundição de Alumínio/Magnésio de alta pressão;
- Moldes para fundições de Alumínio de baixa pressão;
- Moldes para fundições de Alumínio por gravidade;

Propriedades físicas e mecânicas

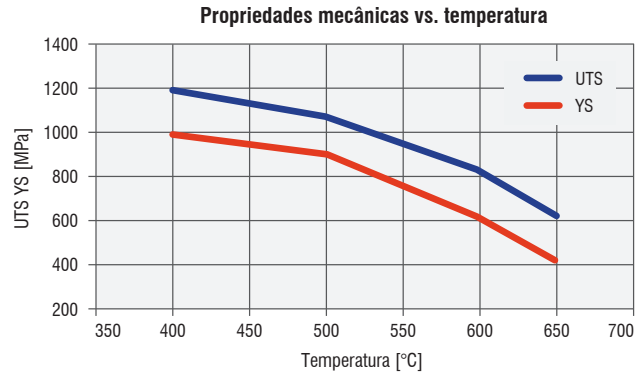
Principais propriedades físicas

	20°C	400°C	600°C
Módulo de elasticidade [GPa]	210	180	145
Coefficiente de expansão térmica [$10^{-6}/K$]	-	12,8	13,4
Condutividade térmica [W/mK]	-	31	33

Propriedades mecânicas principais

ESKY [®] LOS HiMo	400°C	500°C	600°C
Limite de resistência à tração (UTS) [MPa]	1200	1100	850
Limite de escoamento (YS) [MPa]	1000	910	610

Os valores acima são valores médios de uma amostra endurecida a 1010 °C, temperada e revenida a 600 °C para atingir uma dureza de 44 HRC.



Tratamentos térmicos

O EskyLos[®] HiMo normalmente é fornecido em estado recozido com dureza 220 HB máx.

Caso uma dureza diferente e/ou um tratamento térmico adicional sejam necessários, sugerimos aplicar os seguintes parâmetros.

Estas informações são apenas indicativas e devem ser adaptadas de acordo com as diferentes instalações de tratamento térmico e a espessura do bloco: em caso de quaisquer dúvidas 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	120' no mínimo a partir do assentamento da temperatura
Resfriamento	Lento no forno a 25°C/h máx até 600°C, em seguida em temperatura ambiente

O recozimento pleno é recomendado quando há necessidade de uma usinabilidade excelente do material. Após o recozimento pleno, uma dureza de cerca de 220 HB máx é atingida.

Alívio da Tensão

Temperatura sugerida	650°C
Aquecimento	100°C/h máx 120' no mínimo a partir do assentamento da temperatura
Tempo de encharcamento	Lento no forno a 25°C/h máx até 200°C, em seguida em temperatura ambiente
Resfriamento	

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 processo de 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	150°C/h máx 25' a cada 25mm de espessura ou quando (Ts-Tc) < 90°C
Tempo de encharcamento	

Segunda temperatura de pré-aquecimento	600°C
Aquecimento	150°C/h máx
Tempo de encharcamento	20' a cada 25mm de espessura ou quando (Ts-Tc) < 90°C

Terceira temperatura de pré-aquecimento	800°C
Aquecimento	150°C/h máx
Tempo de encharcamento	20' a cada 25mm de espessura ou quando (Ts-Tc) < 90°C

O objetivo do primeiro pré-aquecimento a 400°C é eliminar as tensões causadas pela usinagem: caso o alívio da tensão seja realizado antes, esta etapa pode ser evitada. 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 a tabela acima.

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	980-1010°C
Aquecimento	>150°C/h t = (x+39) / 2 ou de (Ts -Tc) < 15°C
Tempo de encharcamento	
Resfriamento	Ar, resfriamento a vácuo, banho de sal, polímero em H2O

Revenido

Recomenda-se definir a temperatura do primeiro revenido entre 560 e 590 °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 do primeiro revenido.

O tempo de encharcamento para o primeiro e o segundo revenidos é calculado por meio da seguinte fórmula empírica:

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

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

Um terceiro revenido a uma temperatura de 30-50°C abaixo da temperatura máxima anteriormente usada 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.

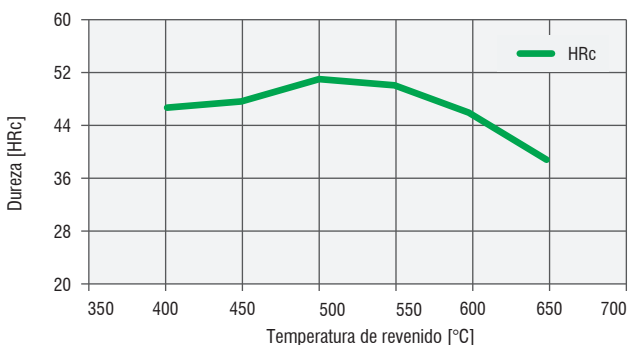
Revenidos a uma temperatura inferior a 200°C não devem ser realizados.

Primeira temperatura de revenido	550-590°C
Tempo de encharcamento	$t' = 0,8x+120$
Resfriamento	RT

Segunda temperatura de revenido	Definida com base nas propriedades mecânicas necessárias, em todos os casos superior à temperatura usada
Tempo de encharcamento	$t'' = 0,8x+120$
Resfriamento	RT

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

Curva de revenido



Curva de revenido de uma amostra austenitizada a 980 °C.

O diagrama mostra os valores obtidos após o segundo revenido.

Variação dimensional durante o tratamento térmico

Durante o tratamento térmico do EskyLos[®] HiMo, os pontos de transformação de fase são ultrapassados, o que inevitavelmente 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 quando há necessidade de um desempenho de ferramentas muito alto, pois prolonga a vida útil do material.

Recomendamos realizar a nitretação na ferramenta em estado endurecido e revenido. A temperatura de nitretação deve ser pelo menos 50°C inferior à temperatura de revenido.

Os procedimentos de nitretação atuais possibilitam manter as dimensões originais da ferramenta.

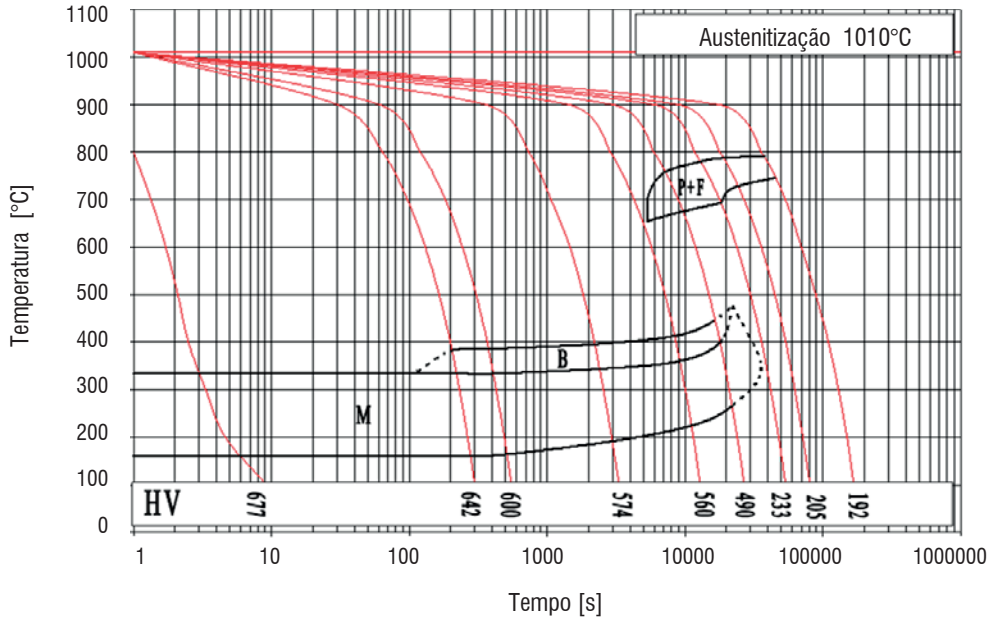
Observações

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.

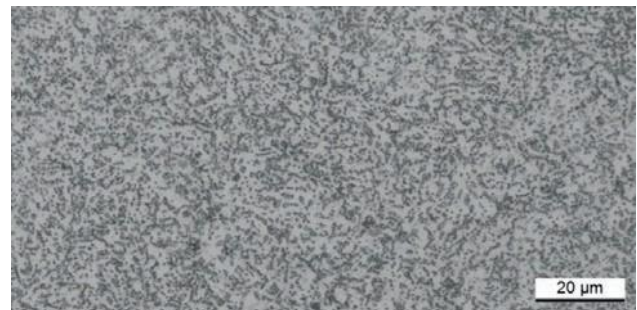
É altamente recomendável enviar suas matrizes para uma das empresas de tratamento térmico oficialmente aprovadas pela Lucchini RS.

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



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 Eletroescória) oferece as seguintes vantagens:

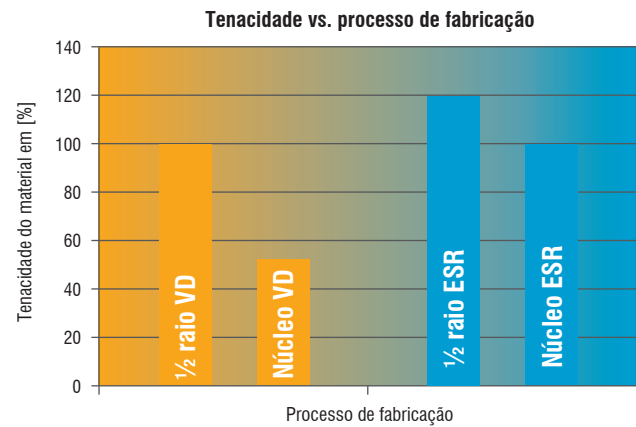
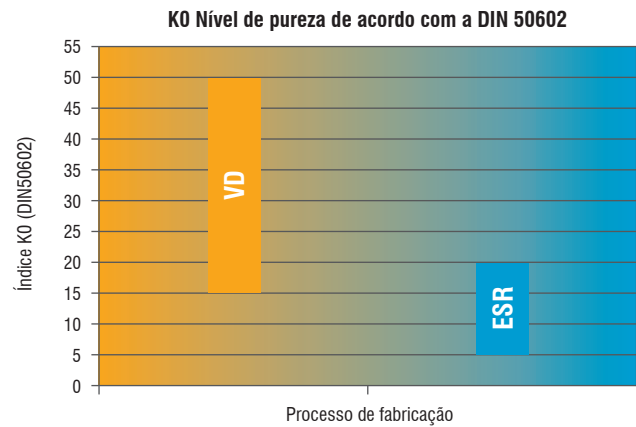
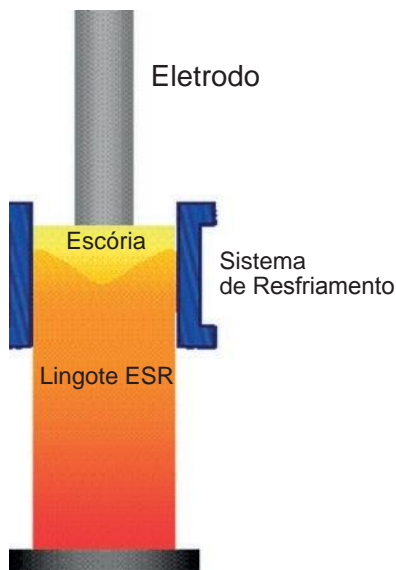
- alto nível de microlimpeza;
- nível de segregação muito baixo.
- Isotropia muito alta do material;
- aumento da tenacidade do material;

O processo de ESR é baseado na refusão de um lingote convencional EAF+LF+VOD, usando um molde de lingote de cobre específico que contém escória básica.

O lingote convencional (“eletrodo”) é refundido pela passagem do metal líquido 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 novo lingote de aço de ESR homogêneo e isotrópico.



Orientação para usinagem

Os seguintes parâmetros são meramente indicativos e devem ser ajustados à aplicação específica e ao equipamento de usinagem que será utilizado. Os dados correspondem ao material na condição recozida com dureza 220 HB máx.

Torneamento

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

Fresagem

Tipo de inserto	Usinagem grosseira		
	P25-P35 não revestido	P25-P35 revestido	HSS
V _c velocidade de corte [m/min]	80 ÷ 100	120 ÷ 150	(*)
f _z alimentação [mm]	0,15 ÷ 0,3	0,15 ÷ 0,3	(*)
a _r profundidade de corte [mm]	2 ÷ 4	2 ÷ 4	(*)

Tipo de inserto	Pré-acabamento		
	P10 - P20 não revestido	P10-P20 revestido	HSS
V _c velocidade de corte [m/min]	180 - 260	200-280	(*)
f _z alimentação [mm]	0,2 - 0,3	0,2-0,3	(*)
a _r profundidade de corte [mm]	1 - 2	1-2	(*)

Tipo de inserto	Acabamento		
	P10 - P20 não revestido	P10-P20 revestido	Metal cerâmico P15
V _c velocidade de corte [m/min]	200 – 280	220 - 300	240 - 330
f _z alimentação [mm]	0,05 – 0,2	0,05 – 0,2	0,05 – 0,2
a _r 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 : Diâmetro da fresa ou ponta [mm] \dot{V} : velocidade de corte [m/min] \dot{f} : alimentação [mm]	f_n : alimentação por giro [mm/giro] z_n : N° 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® HiMo pode proporcionar bons resultados quando realizada de acordo com o procedimento aqui recomendado.

Como um aço com alto teor de Carbono Equivalente, o EskyLos® HiMo 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 a 850°C, resfriamento no forno a 600°C a uma taxa de 20°C/h e um resfriamento posterior 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 anteriormente usada	

Usinagem por Descarga Elétrica (EDM)

O EskyLos® HiMo pode ser usinado por EDM para obter formas complexas. Depois, é aconselhável realizar o alívio da tensão.

Cromação

O EskyLos® HiMo pode ser cromado para aprimorar as características mecânicas na superfície.

A fim de evitar o amargor do Hidrogênio, dentro de 4 horas após a Cromação, é aconselhável realizar o tratamento térmico a 200 °C por cerca de 4 horas.

Fotogravação

Em virtude do processo de fabricação de aço “super limpo”, seguido da Refusão por Eletroescória, e graças ao baixo teor de Enxofre, o EskyLos® HiMo é adequado para fotogravação ao obter os padrões mais complicados.

Polimento

Graças ao processo ESR, o EskyLos® HiMo é especialmente adequado para polimento de espelhos ópticos.

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
Pessoa de contato: Marlon Conte
www.conteacos.com.br