

Influências na resistência à ruptura transversal do aço rápido M3:2

O objetivo deste trabalho é estudar a influência do tratamento térmico na resistência à ruptura transversal de um aço rápido M3:2 obtido pelo processo da metalurgia convencional e de dois aços rápidos M3:2 obtidos por diferentes técnicas de metalurgia do pó. Os três foram austenitizados a 1.140, 1.160, 1.180 e 1.200°C e revenidos a 540 e 560°C. Ensaios de dureza Rockwell C e Vickers foram realizados para verificar a efetividade dos tratamentos térmicos em banho de sal. Amostras dos aços foram fabricadas e submetidas a esse tratamento térmico e, em seguida, rompidas em ensaios de flexão em três pontos.

O. O. A. Filho, O. C. S. Ribeiro, M. D. M. Neves, F. A. Filho e C. H. L. Silva

O desenvolvimento de uma distribuição refinada e uniforme de carbeto nos aços rápidos obtidos pelo processo convencional requer uma grande redução durante o trabalho de conformação a quente. Isso contribui para uma elevação dos custos de produção. Por outro lado, as técnicas de metalurgia do pó podem ser vistas como um processo alternativo que possibilita a produção de componentes com den-

sidade próxima da teórica, microestrutura refinada, segregação reduzida e obtenção de uma distribuição homogênea de carbeto^[5].

A otimização na microestrutura conduz à redução acentuada de distorções e trincas durante o tratamento térmico, o que proporciona melhores propriedades mecânicas, como resistência e tenacidade. Tais melhorias estendem-se para a usinabilidade e o aumento da vida da ferramenta^[7].

O propósito desse trabalho é estudar a relação entre o tratamento térmico e a resistência à ruptura transversal de um aço rápido convencional e de dois aços rápidos obtidos por técnicas de metalurgia do pó^[2]. O Sinter 23 é um aço rápido comercial fornecido pela Villares Metals (Brasil), obtido por sinterização com compactação isostática a quente, e o aço rápido convencional VWM3C é fornecido pela mesma empresa. Um outro aço rápido – produzido a partir do pó do aço rápido M3:2 por compactação uniaxial a frio com sinterização com fase

Tabela 1 – Composição química do Sinter 23. O balanço é o ferro.

	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	S	P
Peso (%)	1,31	0,64	0,36	4,04	4,98	6,16	3,02	0,01	0,021

Tabela 2 – Composição química do VWM3C. O balanço é o ferro.

	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	P
Peso (%)	1,21	0,38	1,52	4,88	4,65	5,77	2,42	0,05

Tabela 3 – Composição química do pó do aço rápido M3:2

	C	W	Mo	Cr	V	Mn	Si
Peso (%)	0,98	5,68	6,2	3,97	2,92	0,3	0,2

Oscar Olimpio de Araujo Filho, Odilia Cordeiro de Souza Ribeiro, Maurício David Martins das Neves e Francisco Ambrozio Filho são do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), da Universidade de São Paulo. Cesar Henrique Lopes da Silva é da Hurth Infer Brasil. Este artigo foi originalmente apresentado como palestra técnica no 59º Congresso da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais (ABM), realizado de 19 a 22 de julho de 2004 em São Paulo. Reprodução autorizada.

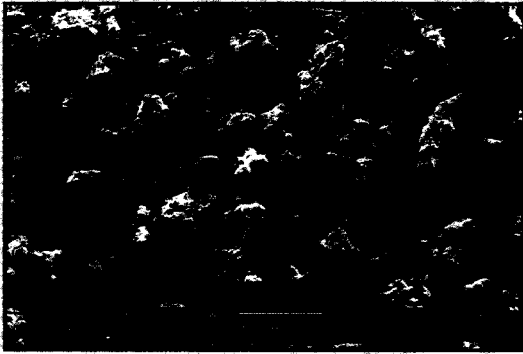


Fig. 1 – Micrografia do pó do aço rápido M3:2 fornecido pela Coldstream (aumento 100 vezes)

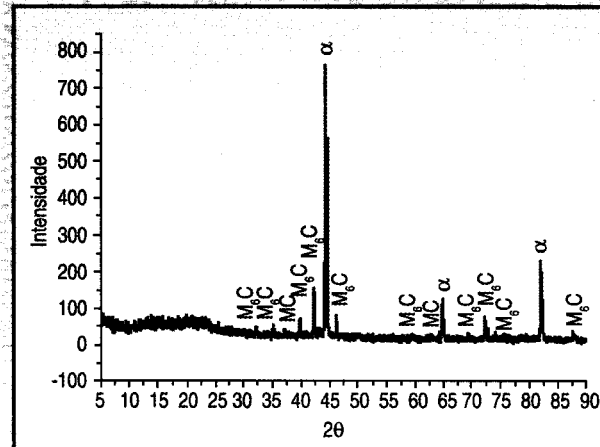


Fig. 2 – Difratograma do pó do aço rápido M3:2

líquida – pode vir a se constituir numa solução alternativa, de custo inferior ao Sinter 23 e com propriedades melhoradas em relação ao aço rápido convencional.

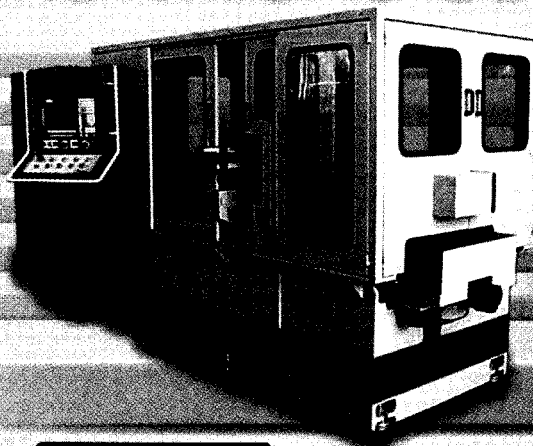
Materiais e métodos

Três aços rápidos ao molibdênio M3:2 foram objeto de estudo neste trabalho. O aço rápido comercial Sinter 23 (fabricado a partir de pó atomizado a gás por sinterização com compactação isostática a quente, seguida de conformação a quente) foi fornecido na forma de um tarugo de 57 mm de diâmetro, no estado recozido. A microestrutura do Sinter 23 “co-

mo recebido” consiste de uma matriz de ferrita com carbeto ricos em tungstênio, molibdênio e vanádio (com dureza de 21 HRC). A composição química do Sinter 23 é apresentada na tabela 1 (pág. 202).

As amostras utilizadas no ensaio de flexão em três pontos para a determinação da resistência à ruptura transversal (TRS, de *transversal rupture strenght*) foram usinadas e submetidas ao tratamento térmico de endurecimento, que consiste em austenização durante 3 min sob quatro diferentes temperaturas (1.140, 1.160, 1.180 e 1.200°C), seguida de têmpera ao ar. O revenimento triplo foi feito durante 2 h a 540 e 560°C (pico de dureza

RETÍFICAS CENTERLESS BONELI



- GUIAS LINEARES IMPORTADAS
- FUSOS DE ESFERAS RETIFICADOS
- CNC DE ATÉ 6 EIXOS
- BALANCEAMENTO ELÉTRICO
- RESOLUÇÃO DE 0,1 μm
- VELOCIDADE DE CORTE 60% SUPERIOR

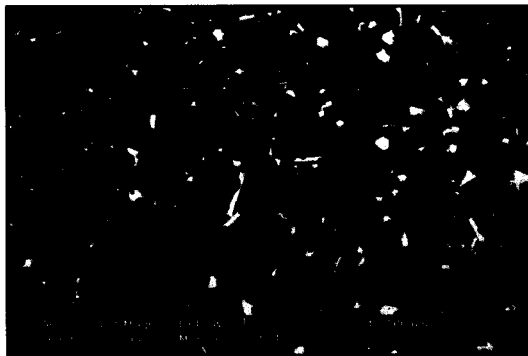
TAMBÉM REFORMAMOS CENTERLESS E FABRICAMOS RETÍFICAS ESPECIALIS

BONELI

Maquenge Máquinas Operatrizes Ltda.
Av. Benedito de Andrade, 1.000 - CEP 13422-000
Unileste - Piracicaba - SP

Fone/Fax: (19) 3424-3251
www.bonelli.com.br
bonelli@bonelli.com.br

Fig. 3 – Micrografia do aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo (aumento 300 vezes, ataque químico NiTAI a 2%)



secundária). A necessidade desse tipo de revenimento deve-se ao aumento da austenita retida por causa do elevado teor de carbono presente nesse aço rápido.

Todos os tratamentos térmicos foram feitos em banho de sal^[8]. Em seguida, as amostras foram retificadas nas suas dimensões finais de 6,35 x 12,7 x 31,7 mm e rompidas em um ensaio de flexão em três pontos. A resistência à ruptura transversal foi avaliada apenas em amostras usinadas na direção transversal, uma vez que o material apresenta

isotropia em sua microestrutura (o que conduz à isotropia em suas propriedades). Pelo menos cinco amostras foram ensaiadas para cada condição de tratamento térmico.

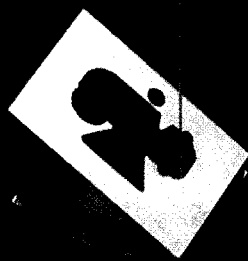
O aço rápido convencional VWM3C foi fornecido na forma de uma barra quadrada de 64 mm de lado no estado recozido (24 HRC). A microestrutura do VWM3C “como recebido” também consiste de uma matriz de ferrita com carbeto ricos em tungstênio, molibdênio e vanádio. Apresenta, porém, carbeto maiores e distribuídos de maneira não-uniforme. A composição química do VWM3C é apresentada na tabela 2 (pág. 202).

Para o aço rápido convencional VWM3C foi adotado o mesmo procedimento experimental utilizado para o Sinter 23 no que concerne à fabricação, tratamentos térmicos e ensaios mecânicos.

As amostras do aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo foram compactadas a frio em uma prensa, a uma pressão de 700 MPa. As densidades obtidas variaram entre 6,01 e 6,18 g/cm³.

SERVIÇOS DE ELETROEROSÃO A FIO

✓ Qualidade ✓ Pontualidade ✓ Economia



- Dimensão máxima da peça: 1200 x 700 mm
- Altura máxima da peça: 400 mm
- Ângulo de corte: até 30°

TAI TEC IND. IMP. E EXP. LTDA.

Serviço de Eletroerosão a Fio e Projetos de Molde
Rua Guaimbé, 317 - Alto da Moóca
CEP 03118-030 - São Paulo - SP
Tel.: (11) 6605-2608 - Fax: (11) 6605-7155
E-mail: tai_tec@ig.com.br

Serviço de consulta 8357

FERRAMENTARIA ESTAMPARIA E PROJETO

METAL PONT'S

Membro da Federação CISO

RINA
ISO 9001
Sistema de Qualidade Certificado

R. CARLOS FABRINA, 575 - AMERICANÓPOLIS
SÃO PAULO - SP - CEP 04427-020
FONE/FAX: 55 11 5622-6706
METALPONT@METALPONT.COM.BR
WWW.METALPONT.COM.BR

Serviço de consulta 8358

FRESADORA FERRAMENTEIRA

ISO 40

Superfície da Mesa: 1290 x 250 mm

Cursos:

Transversal	350 mm
Longitudinal	900 mm
Vertical	460 mm
Mangote	130 mm
Torpedô	480 mm

Console e Mesa com guias quadradas temperadas e retificadas

Potência do Motor 5 cv com inversor de frequência vetorial e rescalar.

Rotação do eixo Arvore: 90-3600 rpm.

Controle e Leitura Digital da Velocidade do Eixo Arvore.

Peso da Máquina: 1620 Kgs.

Cardoso
MARCA REGISTRADA

CARDOSO INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE MÁQUINAS LTDA.
Rua Paulo Saviio, 75 - Tel. (19) 3451.3253 - Fax. (19) 3441.3709
CEP: 13480-307 - Cx. Postal 25 - Limeira - SP
www.cardosomaquinas.com.br / cardoso@cardosomaquinas.com.br

Serviço de consulta 8359

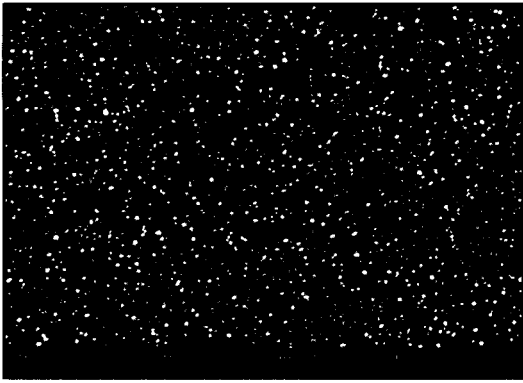


Fig. 4 – Micrografia do aço rápido Sinter 23 austenitizado a 1.140°C e revenido a 560°C (aumento 1.000 vezes, ataque químico NiTAI a 2%)

A composição química do pó do aço rápido M3:2, fornecido pela Coldstream (divisão da empresa sueca Höganäs), é apresentada na tabela 3 (pág. 202). O pó utilizado na fabricação do aço rápido M3:2, sinterizado a vácuo, foi caracterizado por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e difração de raios X (DRX, mostradas nas figuras 1 e 2, pág. 203). O pó apresenta partículas de morfologia irregular devido à atomização a água e consiste de uma matriz de ferrita com carbeto do tipo M_6C (rico em tungstênio e molibdênio) e MC (rico em vanádio)^[3,6].

As amostras do aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo foram fabricadas sob condições de produção a uma temperatura de sin-



Fig. 5 – Micrografia do aço rápido Sinter 23 austenitizado a 1.200°C e revenido a 560°C (aumento 1.000 vezes, ataque químico NiTAI a 2%)

Tabela 4 – Resultados de dureza para todas as condições de tratamento térmico

Austenitização/ revenimento	1.140°C	1.160°C	1.180°C	1.200°C
540°C	926 ± 7	950 ± 22,5	932 ± 15,1	939 ± 8,4
560°C	879 ± 28,8	937 ± 7,5	961 ± 5,7	976 ± 10,1

terização de 1.263°C durante 1 h, submetidas a subseqüentes tratamentos térmicos de recozimento e endurecimento, e finalmente usinadas nas suas dimensões finais. A figura 3 (pág. 204) mostra uma micrografia de MEV do material. A seção transversal após a usinagem foi de 5,5 x 11 mm². Foi necessário o tratamento térmico de recozimento, uma vez que as amostras apresentaram durezas da ordem de 49 HRC – e também para aliviar tensões internas que resultaram do ciclo de sinterização.

Solicite-nos: furacao@usidur.com.br

**Furacão profunda:
precisão e segurança.**

(11) 4330-9011

usidur@usidur.com.br

usinagem de material endurecido
aplicações especiais em metal duro
serviço de usinagem em torno CNC

Serviço de consulta 8360

FRESAS - ALARGADORES ESCAREADORES



Fresas em AÇO INOX, COBALTO e AÇO SINTERIZADO.
Fresas de topo em METAL DURO.

INDUFRESA
INDAÇO

www.indufresa.com.br Tel.: (11) 4146-5666 - Fax: 4186-7666

Serviço de consulta 8361

Tratamentos Térmicos & Revestimentos

Têmpera a vácuo

aços ferramentais e aços inoxidáveis

Revestimentos duros por PVD / PACVD

tecnologia PEMS (Plasma Enhanced Magnetron Sputtering)

Nitretação/Oxinitrocarbonetação

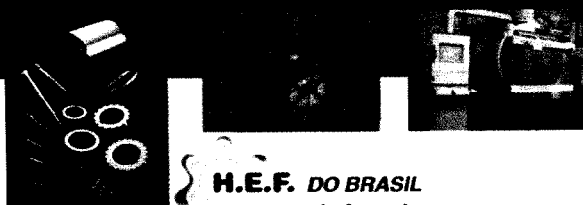
processos Sursulf e Arcor

Têmpera de ferramentas e sais

aços rápidos e aços ferramentais

Revestimentos por pintura TEGLISS

anti-aderente, anti-corrosivo, anti-engripante e autolubrificante



H.E.F. DO BRASIL

www.hef.com.br

Unidade SP
Diadema
11 4056.4433
hef@hef.com.br

Unidade RJ
Casimiro de Abreu
22 2778.4916
hefrj@hef.com.br

Unidade PR
São José dos Pinhais
41 382.4777
hefpr@hef.com.br

Serviço de consulta 8362

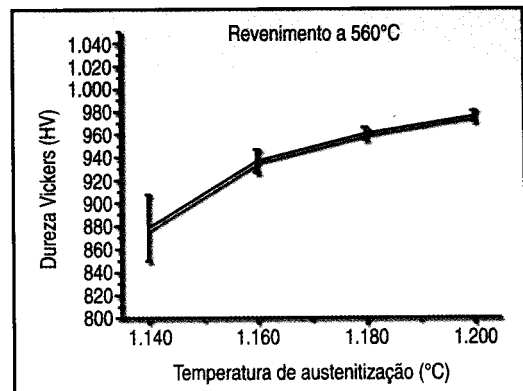


Fig. 6 – Dureza Vickers do aço rápido Sinter 23 em função da temperatura de austenitização para a temperatura de revenimento de 560°C

O recozimento tem o objetivo de facilitar as operações de usinagem na fabricação dos corpos-de-prova^[4]. As medições de dureza obtidas após o recozimento mostraram uma redução dessa propriedade para patamares em torno de 21 HRC. Tanto o procedimento utilizado no tratamento térmico quanto nos ensaios de flexão em três pontos foi exatamente o mesmo empregado para o Sinter 23 e o VWM3C. Pelo menos cinco amostras foram ensaiadas para cada condição de tratamento térmico.

Resultados e discussões

As micrografias de MEV do aço rápido Sinter 23 submetido ao tratamento térmico de endurecimento não evidenciaram diferença significativa no tamanho e na distribuição dos carbos para todas as condições de tratamento térmico investigadas neste trabalho. As figuras 4 e 5 (pág. 205) apresentam as micrografias do Sinter 23 austenitizadas a 1.140 e 1.200°C e submetidas ao revenimento a 560°C.

Nessas condições de tratamento térmico, a dureza após o revenimento aumenta na medida em que sobe a temperatura de austenitização. Os resultados de dureza mais elevada foram observados para a temperatura de revenimento de

Tabela 5 – Resultados de TRS do Sinter 23 para todas as condições de tratamento térmico de endurecimento (MPa)

Austenitização/ revenimento	1.140°C	1.160°C	1.180°C	1.200°C
540°C	2.729 ± 405	2.192 ± 196	2.325 ± 229	2.647 ± 408
560°C	3.546 ± 399	3.110 ± 568	2.527 ± 298	3.392 ± 413

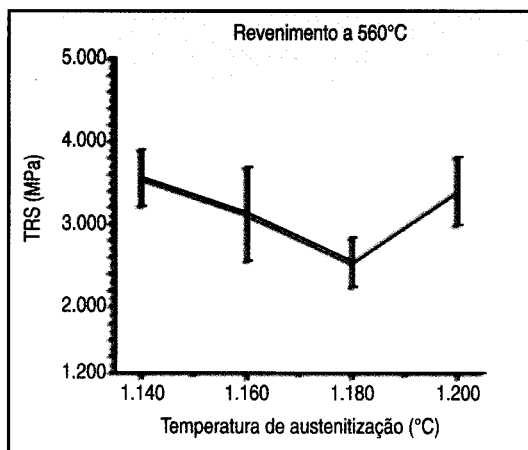


Fig. 7 - TRS do Sinter 23 em função da temperatura de austenitização para a temperatura de revenimento de 560°C

560°C, que corresponde ao pico de dureza secundária. Os valores de dureza mais elevados foram da ordem de 960-976 HV para essas condições de endurecimento. A tabela 4 (pág. 205) e o gráfico da figura 6 (pág. 206) apresentam os resultados de dureza Vickers para todas as condições de endurecimento.

De maneira geral, a resistência à ruptura transversal do Sinter 23 decresce com o aumento da temperatura de austenitização para ambas as temperaturas de revenimento de 540 e 560°C. No entanto, essa tendência de queda é revertida à temperatura de austenitização de 1.200°C para ambas as temperaturas de revenimento. Os resultados de TRS medi-

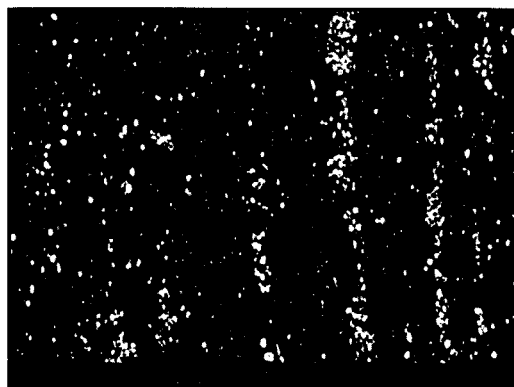


Fig. 8 - Micrografia do aço rápido VWM3C austenitizado a 1.140°C e revenido a 560°C (aumento 1.000 vezes, ataque químico NITAL a 2%)

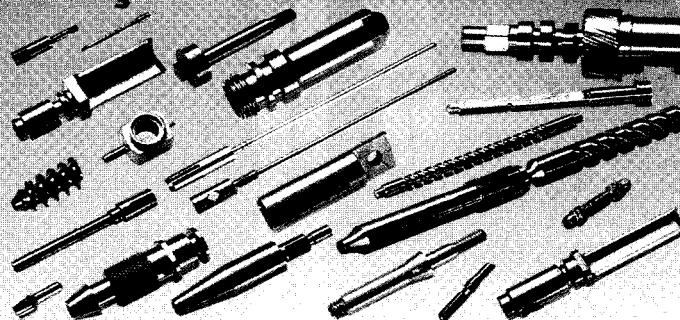
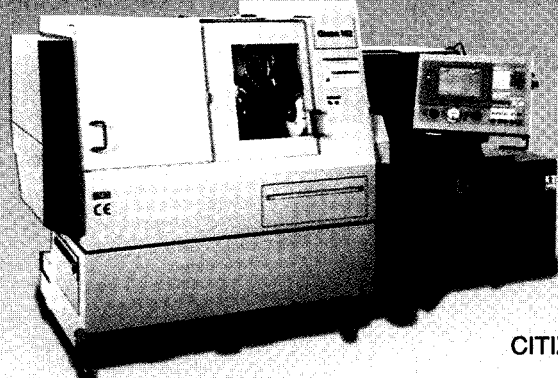
dos para as temperaturas de revenimento de 540 e 560°C indicam que os valores mais elevados ocorreram para a temperatura de austenitização de 1.140°C. O melhor resultado para o TRS (3.546 MPa) corresponde à condição de temperatura de austenitização de 1.140°C e revenimento a 560°C (tabela 5, pág. 206, e gráfico da figura 7).

A avaliação das micrografias de MEV do aço rápido convencional VWM3C, submetido aos mesmos tratamentos térmicos utilizados no Sinter 23, mostra uma distribuição irregular

Tabela 6 - Resultados de TRS do VWM3C para todas as condições de tratamento térmico de endurecimento (MPa)

Austenitização/ revenimento	1.140°C	1.160°C	1.180°C	1.200°C
540°C	1.581 ± 469	1.291 ± 426	1.427 ± 524	1.237 ± 408
560°C	1.658 ± 328	1.368 ± 414	1.022 ± 323	1.059 ± 507

TORNOS AUTOMÁTICOS DE CABEÇOTE MÓVEL CNC CITIZEN



CITIZEN CINCOM: Líder mundial em tornos de cabeçote móvel - CNC. Disponíveis nos modelos B, L, M, E, e C.

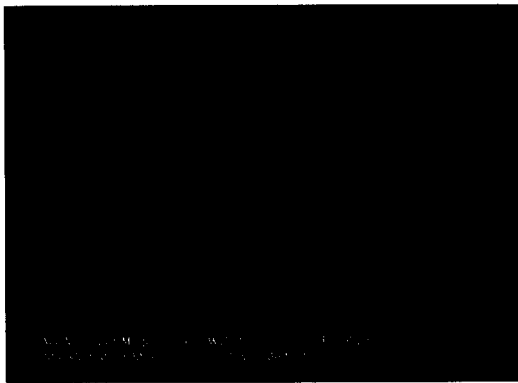
- Barras de até $\varnothing 32$ mm
- Peça acabada com uma única fixação
- Dispensa 2ª, 3ª e demais operações
- Até 40 ferramentas acionadas
- Trabalho simultâneo - menor cycle-time
- Solução simples para peças complexas



H. D. T. - Com. Ind. e Assessoramento Técnico Ltda.
ESPECIALIZAÇÃO EM TORNOS AUTOMÁTICOS

Rua Padre Manuel Godinho, 280 - 04414-100 - V. Sta. Margarida/SP
Tel.: +(55) 11 5621-6930 - Fax: +(55) 11 5621-3264 - E-mail: hdt@hdt.com.br - Site: www.hdt.com.br

Fig. 9 – Micrografia do aço rápido VWM3C austenitizado a 1.200°C e revenido a 560°C (aumento 1.000 vezes, ataque químico NiTAI a 2%)



dos carbetos M_6C e MC , que se apresentam maiores do que aqueles observados no aço rápido obtido por metalurgia do pó. As figuras 8 (pág. 207) e 9 apresentam, respectivamente, micrografias de MEV do VWM3C austenitizado a 1.140 e a 1.200°C e revenido a 560°C.

Essa microestrutura com carbetos maiores e com distribuição pouco uniforme para o aço rápido convencional explica os resultados para a resistência à ruptura transversal que se apresenta, para todas as condições de tratamento térmico de endurecimento, bem

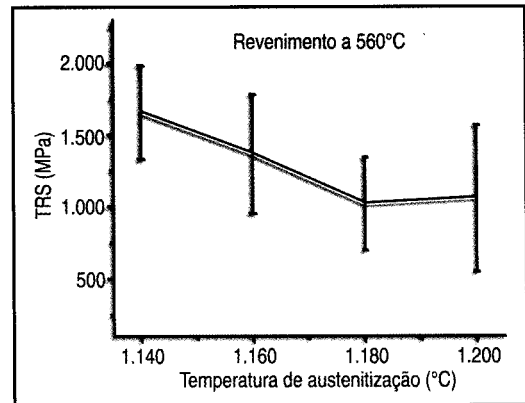
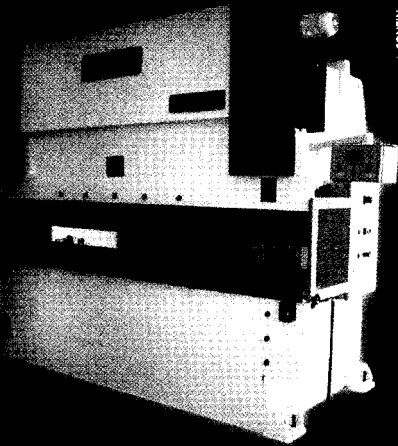


Fig. 10 – Resultados de TRS do VWM3C para a temperatura de revenimento de 560°C

mais baixa do que aquelas verificadas para o Sinter 23. Uma vez que os carbetos constituem rotas preferenciais para a propagação de trincas, os resultados bem inferiores de TRS para o VWM3C são compatíveis com a microestrutura. A tabela 6 (pág. 207) resume os resultados de TRS do aço rápido VWM3C, também apresentados no gráfico da figura 10.

PRENSA VIRADEIRA HIDRÁULICA



Modelo: **IPVH 130/30**
 Força de Dobra: **130 ton.**
 Cap. de Dobra: **6.35 mm**

vendas@imag.com.br • 0800 7721911
 São Paulo/SP - Telefone: (11) 3272.9297/3271.5784
 Limeira/SP - Telefone: (19) 3451.2811



www.imag.com.br Tecnologia e precisão em cortes e dobras

Serviço de consulta 8364

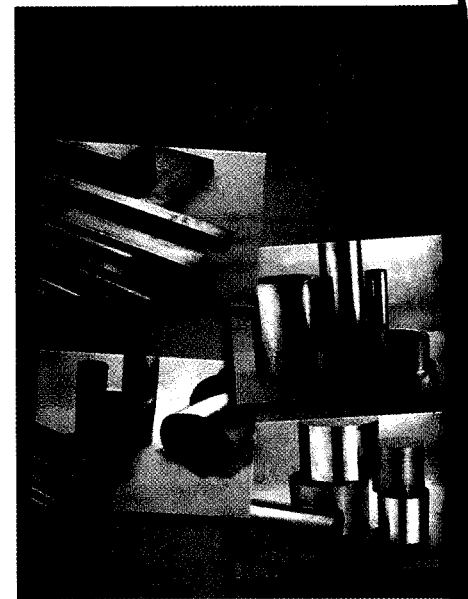
LUBRIFICANTES

- Corte (Óleos, Fluidos e Integrais)
- Estampagem (Óleo e Pasta a base de água)
- Protetivos (Óleo e Aquoso)
- Antifrespingo de solda (Base água e Integrais)
- Lubrificantes (Óleo Mineral e Sintético)
- Desengraxantes (Alcalinos e Solventes)
- Decapantes (Aço e Metais Não-Ferrosos)
- Graxas (Especiais, Sintética e Mineral)



Rua Gerônimo Ometto, 149
 13495-000 - Itacemápolis - SP
 Tel/Fax: (19) 3456-2605
 e-mail: new.star@terra.com.br

Serviço de consulta 8365



Serviço de consulta 8366

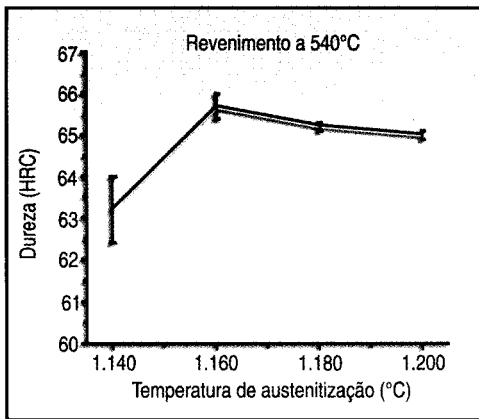


Fig. 11 – Dureza Rockwell C do aço rápido VWM3C em função da temperatura de austenitização para a temperatura de revenimento de 540°C

Os resultados para a resistência à ruptura transversal do aço rápido convencional VWM3C seguem a mesma tendência observada no Sinter 23: apresentam valores mais elevados para as temperaturas de austenitização mais baixas, como 1.140°C, e para ambas as temperaturas de revenimento.

Para todas as condições de tratamento térmico, o aço rápido VWM3C apresenta uma resposta inferior quando comparado ao Sinter 23. Os resultados mais elevados para a dureza são verificados para a temperatura de revenimento de 540°C. Os valores de dureza apresentam-se inferiores àqueles observados para o caso do Sinter 23 para todas as tem-



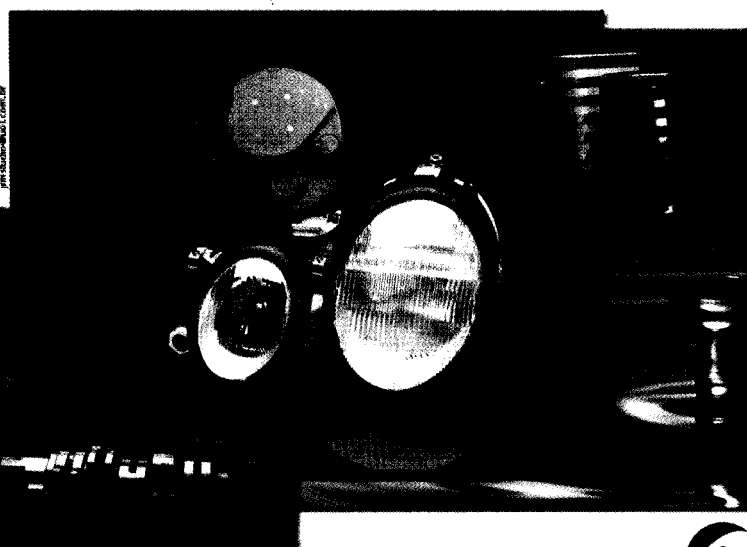
Fig. 12 – Micrografia de MEV do aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo austenitizado a 1.140°C e revenido a 560°C (aumento: 1.000 vezes, ataque químico NITAI a 2%)

Tabela 7 – Resultados de dureza do VWM3C para todas as condições de tratamento térmico

Austenitização/ revenimento	1.140°C	1.160°C	1.180°C	1.200°C
540°C	63,2 ± 0,8	65,7 ± 0,3	65,2 ± 0,1	65 ± 0,1
560°C	62,5 ± 0,2	64,3 ± 0,4	64,5 ± 0,3	64 ± 0,9

peraturas de austenitização empregadas. Tampouco o aumento da temperatura de austenitização é acompanhado de grandes ganhos em dureza, a não ser quando aumentada no intervalo que vai de 1.140 a 1.160°C. Os valores de dureza mais elevados foram da ordem de 65 HRC. Os resultados de dureza Rockwell C para todas as condições de endurecimento são apresentados na tabela 7 e no gráfico da figura 11.

As figuras 12 e 13 (pág. 210) apresentam micrografias de MEV do aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo, austenitizado a



SGL CARBON GROUP

Eletroerosão

• Blocos, placas e tarugos em grafites isostáticos para fabricação de eletrodos para desbaste, acabamento e acabamento fino.



SEECIL CARBON TECHNOLOGIES LTDA

Uma empresa ligada à
SGL CARBON GROUP

AV. AFONSO MONTEIRO DA CRUZ, 1.246 - DIADEMA - SP
TEL. (11) 4043-2999 / FAX (11) 4056-2245

www.scarbon.com.br / comercial@scarbon.com.br

- MOLDES PARA INJEÇÃO DE PLÁSTICOS
- MOLDES PARA FORJARIA
- MOLDES PARA FUNDIÇÃO

Serviço de consulta 8367

Vol-Ferr

- ▶ Multiplicadores de Velocidade
- ▶ Ferramentas Especiais
- ▶ Dispositivos
- ▶ Cabeçote Angular

Av. Índico, 875 - Jardim do Mar - CEP 09750-601 - S. B. Campo - SP
 E-mail: vendas@vol-ferr.com.br - Site: www.vol-ferr.com.br
PABX: (11) 4337-3800 / 4332-4837 / 4121-7689
Fax Ramal 24

Serviço de consulta 8368

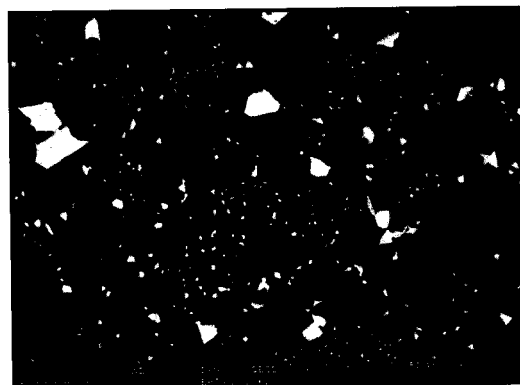


Fig. 13 – Micrografia do aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo austenitizado a 1.200°C e revenido a 560°C (aumento 1.000 vezes, ataque químico NITAI a 2%)

1.140 e 1.200°C e submetido ao revenimento a 560°C.

As micrografias de MEV do aço rápido Sinter 23 mostraram uma distribuição mais uniforme, refinada e com carbeto menores em comparação ao aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo. O engrossamento observado na microestrutura aço rápido M3:2 pode ser atribuído à aproximação da densidade teórica para esse material durante a sinterização^[1]. Após o tratamento térmico, os resultados de dureza para o aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo apresentaram níveis muito abaixo do esperado (tabelas 8 e 9 e figura 14, pág. 211).

Os resultados de TRS para o aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo também se apresentaram bem inferiores ao que era esperado, em comparação aos dados que se encontram na literatura^[4] (tabela 10, pág. 212, e figuras 15, pág. 211, e 16, pág. 212).

Esses baixos resultados da dureza e da resistência à ruptura transversal podem ser atribuídos a três defeitos microestruturais:

Tabela 8 – Resultados de dureza do aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo para todas as condições de tratamento térmico (HRC)

Austenitização/ revenimento	1.140°C	1.160°C	1.180°C	1.200°C
540°C	60 ± 0,6	60 ± 0,4	60 ± 0,6	62 ± 0,4
560°C	57 ± 0,4	57 ± 0,4	58 ± 0,6	60 ± 0,4

Tabela 9 – Resultados de dureza Vickers do aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo para todas as condições de tratamento térmico

Austenitização/ revenimento	1.140°C	1.160°C	1.180°C	1.200°C
540°C	690 ± 6	690 ± 4	690 ± 6	740 ± 4
560°C	625 ± 4	625 ± 4	640 ± 6	690 ± 4

Laser
Marcação Definitiva

Principais Características Técnicas
 Flexibilidade operacional através de software "User-Friendly";
 Marcação em diversos tipos de superfícies:
 - (metal duro, aço, alumínio, bronze, cobre, cerâmicos e materiais sintéticos);
 Nd: YAG Diodo Laser.

Principais Vantagens
 Marcação permanente (textos, gráficos, códigos de barra e logotipos);
 Excelente qualidade gráfica;
 Sem contato manual;
 Grava em superfícies planas ou irregulares;
 Não requer tintas ou solventes.

Distribuidor Autorizado
NWL
 WaveLight Gruppe

HITECH Eletrônica Indl. Coml. Ltda
 Rua Cunha Gago, 700 - 9º andar
 Pinheiros - São Paulo - SP - 05421-001
 Tel.: 11 3094-3830
 newsp@hitech.com.br
 www.hitech.com.br

HITECH
30 Anos
 1974-2004

Serviço de consulta 8369

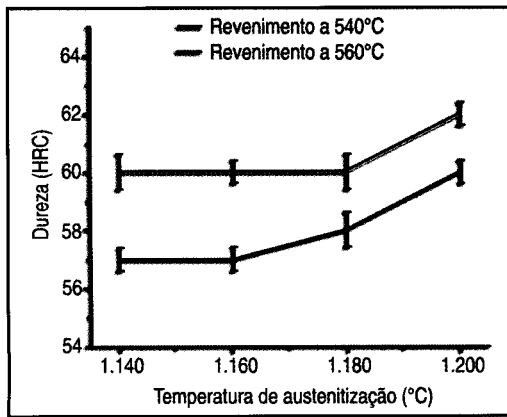


Fig. 14 – Resultados de dureza Rockwell C para o aço rápido sinterizado a vácuo para as temperaturas de revenimento de 540°C e 560°C

- Inclusões metálicas ou não-metálicas, devido à contaminação durante a fabricação ou o manuseio,
- porosidade, que resulta do ciclo de sinterização, e
- engrossamento dos carbeto^[1].

As medições do teor de carbono foram feitas com o objetivo de avaliar a perda de carbono durante a sinterização. A tabela 11 (pág. 213) apresenta os teores de carbono do pó do aço rápido M3:2 fornecido pela Coldstream e do aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo.

Durante a sinterização, foi observada a perda de 0,1% no teor de carbono. O baixo

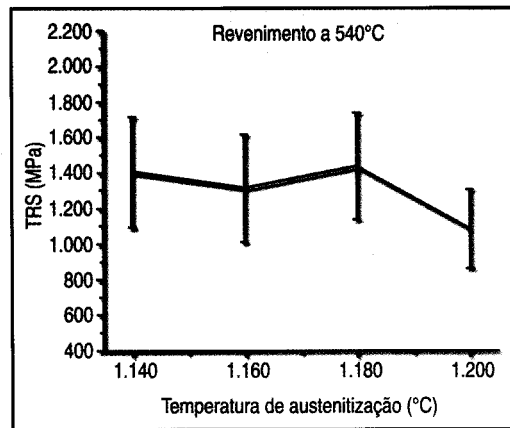


Fig. 15 – TRS do aço sinterizado a vácuo para revenimento a 540°C

teor desse elemento pode ter contribuído para a redução das propriedades de dureza e de resistência à ruptura transversal. O melhor resultado para o TRS foi de 1.777 MPa, o que corresponde à condição de temperatura de austenitização de 1.160°C e de revenimento a 560°C. De maneira geral, é difícil estabelecer uma relação entre a microestrutura, o tratamento térmico e a resistência à ruptura transversal.

Conclusões

- Para os três aços rápidos M3:2 não há diferença significativa no tamanho e na distribuição dos carbeto para todas as condições de tratamento térmico. Conseqüentemente, não foi possível estabelecer

Eletoerosão CNC com motores lineares

Eletoerosão a frio com motores lineares

Work - Room

Estes práticos

Oferecem suporte técnico total

serviços de eletroerosão

Eletoerosão
JAPAX

Avenida Damasceno Vieira Nº 815
São Paulo SP 04363-040 Brasil
Tel: 11 5564-7488 Fax: 5564-7467
e-mail: japax@japax.com.br

Sodick
Precisão com velocidade !

Tabela 10 – Resultados de TRS do aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo para todas as condições de tratamento térmico (MPa)

Austenitização/ revenimento	1.140°C	1.160°C	1.180°C	1.200°C
540°C	1.403 ± 313	1.314 ± 304	1.436 ± 302	1.083 ± 222
560°C	1.498 ± 291	1.777 ± 159	1.024 ± 226	1.170 ± 259

uma relação entre a microestrutura e o tratamento térmico.

- O Sinter 23 apresentou na sua microestrutura uma distribuição mais uniforme, refinada com carbeto menores quando comparado ao aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo e ao aço rápido obtido pelo processo convencional. A microestrutura otimizada explica a melhor resposta do Sinter 23 ao tratamento térmico, o que pode ser avaliado também pelas propriedades mecânicas.
- Os resultados de dureza mais elevados do Sinter 23 foram observados para a temperatura de revenimento de 560°C, que corresponde ao pico de dureza secundária.
- Os resultados de dureza mais elevados do aço rápido convencional VWM3C foram

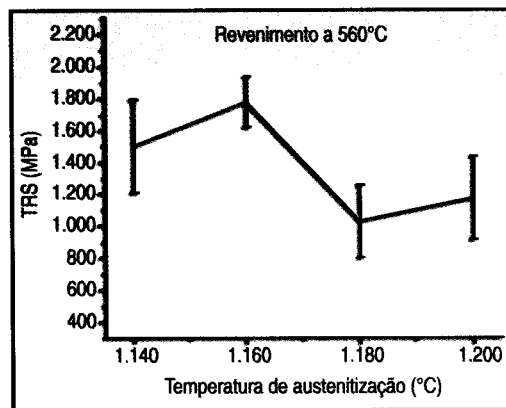
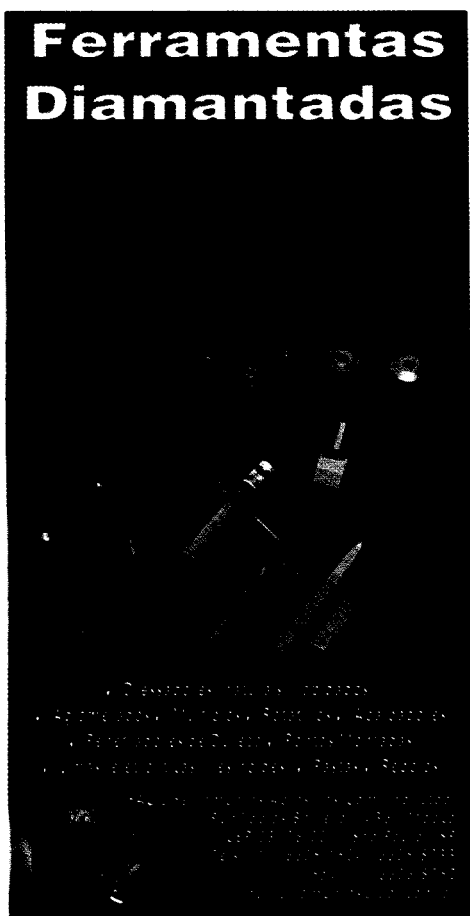


Fig. 16 – TRS do aço sinterizado a vácuo para revenimento a 560°C

observados para a temperatura de revenimento de 540°C e atingiram um valor máximo de 65,7 HRC.

- De maneira geral, a resistência à ruptura transversal do Sinter 23 decresce com o aumento da temperatura de austenitização para ambas as temperaturas de revenimento, de 540 e 560°C. No entanto, essa tendência de queda é revertida com a temperatura de

Ferramentas Diamantadas



Serviço de consulta 8371

GRAVADORES CNC

GRAVOGRAPH New Hermes

Máquinas e ferramentas para as mais diversas aplicações:



usinagem de pequenos moldes, cunhos, tipos e eletrodos em 3D

identificação



painéis

Fornecemos também materiais plásticos e metálicos para sinalização



GRAVOGRAPH

TECHNIFOR PICTOR Ltda.

(11) 5541-7493

vendas@ltda.technifor.com

www.gravograph.com

Serviço de consulta 8372

Soluções em

CASTANHAS

Castanhas Moles: Padrão e Especial
 Castanha Dura Reversível
 Castanha Dura Especial
 Porca "T"
 Reforma de Placas Automáticas

Projeto e Construção

R. Ver. Sergio Leopoldino Alves, 145
 Dist. Industrial - Sta. Barbara D Oeste - SP
 E-mail: contato@valentecastanhas.com.br
 Site: www.valentecastanhas.com.br
 Fone: (19) 3455-5557 Fax: (19) 3455-5558

Serviço de consulta 8373

Tabela 11 – Teor de carbono

	Teor de carbono (%)
Aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo	0,88 ± 0,01
Pó do aço rápido M3:2	0,98 ± 0,01
Perda de carbono	0,1

austenitização de 1.200°C para ambas as temperaturas de revenimento. O aumento da TRS em relação à temperatura de 1.180°C é de 34% para a temperatura de revenimento de 560°C. Os resultados de TRS medidos para as temperaturas de revenimento de 540 e 560°C indicam que os valores mais elevados foram observados à temperatura de austenitização de 1.140°C.

- A resistência à ruptura transversal do aço rápido convencional VWM3C apresenta um comportamento similar ao apresentado pelo Sinter 23, com os maiores valores verificados para as temperaturas de austenitização mais baixas (1.140 e 1.160°C). No entanto, os resultados de TRS do VWM3C são bem inferiores aos do Sinter 23.
- Os resultados de dureza para o aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo após o tratamento térmico ficaram muito abaixo do esperado e atingiram, no máximo, 62 HRC.
- Os resultados de TRS para o aço rápido M3:2 sinterizado a vácuo também foram bem mais baixos do que o esperado, se comparados aos resultados observados para o Sinter 23. No entanto, tiveram igual magnitude se comparados ao aço rápido convencional VWM3C.

Bibliografia

- 1] Beiss, P.; Wahling, R.; Duda, D.: – Toughness of vacuum sintered P/M high speed steels. Modern Developments in Powder Metallurgy, vol. 15-17, p. 331-357, 1985.
- 2] Beiss, P.; Wahling R.: – Transverse rupture strength and plastic work of bending of two PM tool steels. World Conference on Powder Metallurgy, vol. 1, p. 140-143, 1990.
- 3] Brewin, P. R.; Toloui, B.; Nurthen, P. D.; Fellgett, J. A.; Wood, J. V.; Igharo, M.; Coleman, D. S.; Shaikh, Q.: – Effect of process variables and microstructure on properties of sintered high speed steel for wear applications. Powder Metallurgy, vol. 32, nº 4, p. 285-290, 1989.
- 4] Hoyle, G.: – High speed steels. Butterworth & Co. Publishers Ltd., 1988.
- 5] Igharo, M.; Brewin, P.; Wood, J.: – Development of sintered high speed steel alloys for wear applications. World Conference on Powder Metallurgy, vol. 1, p. 266-271, 1990.
- 6] Kaiser, F.; Cohen, M.: – Carbides in high speed steel – their nature and quantity. Metal Progress, p. 79-85, junho, 1952.
- 7] Ray, P.; Pal, P. K.: – High speed steel semis – alternate production routes. World Conference on Powder Metallurgy, vol. 1, p. 159-169, 1990.
- 8] Wilson, R.: – Metallurgy and heat treatment of tool steels. McGraw-Hill Book, UK, 1975.

RESULTADOS ESPETACULARES Serras de Fita Bi-metálicas



Fabricação Japonesa

SERRAS DE FITA
MADA LÍDER MUNDIAL

- Melhor “Custo por Corte”
- Maior Vida Útil da Serra
- Altas Velocidades de corte
- Solda com Garantia Eterna
- Treinamento Técnico
- Preços Competitivos

ANDORINHA®

Serviço de consulta 8374

SURPREENDA-SE!

Ligue pra gente e confira
casos de **Sucesso Absoluto**
Comprovados!!!

Reduza **AGORA** seus custos. Ligue:

SÓCIO

LIGUE AGORA MESMO. É GRÁTIS!

0800 771 44 47

E-mail: serrasamada@andorinhabr.com