



Congresso Internacional de Pintura e
Revestimentos Anticorrosivos



A influência da preparação de superfície de aços no comportamento mecânico de peças revestidas por aspersão térmica. Estudo de caso em carregamento cíclico.



Annelise Zeemann



RESUMO

Revestimentos por aspersão térmica (Thermal Spray - TS) são utilizados em aplicações onde o material precisa ser protegido contra corrosão ou contra desgaste, ou para recompor o dimensional de peças danificadas, entre as principais aplicações. Este revestimento é aplicado em camadas fundidas, lançadas em altas velocidades, criando na maioria das aplicações uma ligação mecânica entre o revestimento e o substrato. Para garantir a aderência é fundamental que a superfície esteja limpa e com perfil de ancoramento adequado, com alta rugosidade, obtida por jateamento com abrasivos angulares, que efetivamente deformam a superfície.

Em aplicações contra corrosão, são utilizados metais menos nobres que o substrato, TSA (alumínio) ou TSZ (zinco). Em tais casos, o revestimento protege pelos princípios de proteção catódica e normalmente aplica-se um selante para preencher os poros e ter uma proteção adicional por barreira física. Porém, o selante perde eficiência com o tempo e começa um consumo gradativo dos metais de sacrifício Al e Zn. Nestas aplicações, o TS é aplicado em aços de baixo carbono e baixa dureza, e a resposta do material à preparação de superfície não cria uma condição crítica em relação ao seu comportamento mecânico.

Entretanto, quando o TS é adotado em aplicações contra desgaste ou para recomposição dimensional, o revestimento costuma ser de mais alta resistência, assim como os substratos. Nestas condições, torna-se muito importante entender a natureza do substrato e o tipo de solicitação que será imposta ao componente, pois caso o substrato tenha baixa capacidade de deformar plasticamente, como um aço temperado ou um ferro fundido, a preparação de superfície e o próprio processo de deposição podem criar concentradores de tensão, levando a falhas prematuras dependendo dos carregamentos impostos, como apresentado nos casos deste trabalho.

APRESENTAÇÃO

- Seleção do **Material e Método de Proteção** contra o Ambiente
- Uso de **Revestimentos**
 - Resistência à Corrosão
 - Resistência ao Desgaste
 - Restauração Dimensional, Barreira Térmica, entre outras aplicações
- A **Aspersão Térmica** e o Processo de **Preparação de Superfícies**
- **Falhas** em Peças Revestidas
- **Comentários**

SELEÇÃO DO MATERIAL

CADA MATERIAL É SELECIONADO PARA
RESISTIR ÀS CONDIÇÕES IMPOSTAS POR
UMA DADA APLICAÇÃO ...

SELEÇÃO DO MATERIAL

Configuração (FEA)

Requisitos de Qualidade

Especificação do Material

Especificação do Método de Proteção contra o Ambiente



RESISTÊNCIA AO DESGASTE

RESISTÊNCIA À CORROSÃO

PROPRIEDADES REQUISITOS

AMBIENTES

RESISTÊNCIA AO CALOR

TEMPERATURAS

SOLICITAÇÕES

TENACIDADE

ESFORÇOS

TENACIDADE

RESISTÊNCIA À FADIGA

RESISTÊNCIA MECÂNICA

Projeto

Fabricação

Operação (vida útil)

TESTES

Tecnologias de Fabricação e Inspeção

RESISTÊNCIA À
CORROSÃO

RESISTÊNCIA AO
DESGASTE

RESISTÊNCIA AO CALOR

UM REVESTIMENTO
PODE SER UTILIZADO
PARA CONFERIR UMA
DADA CARACTERÍSTICA
ESPECIAL À SUPERFÍCIE.

SUPERFÍCIE DESLIZANTE

SUPERFÍCIE INERTE

SUPERFÍCIE DE VEDAÇÃO

SUPERFÍCIE DURA

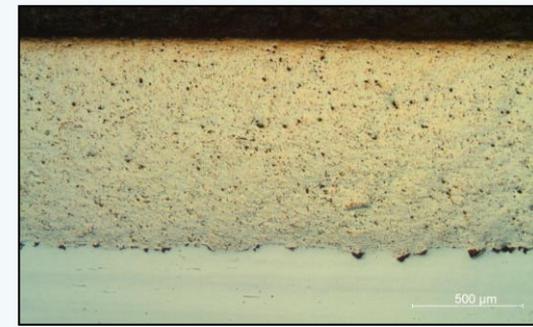
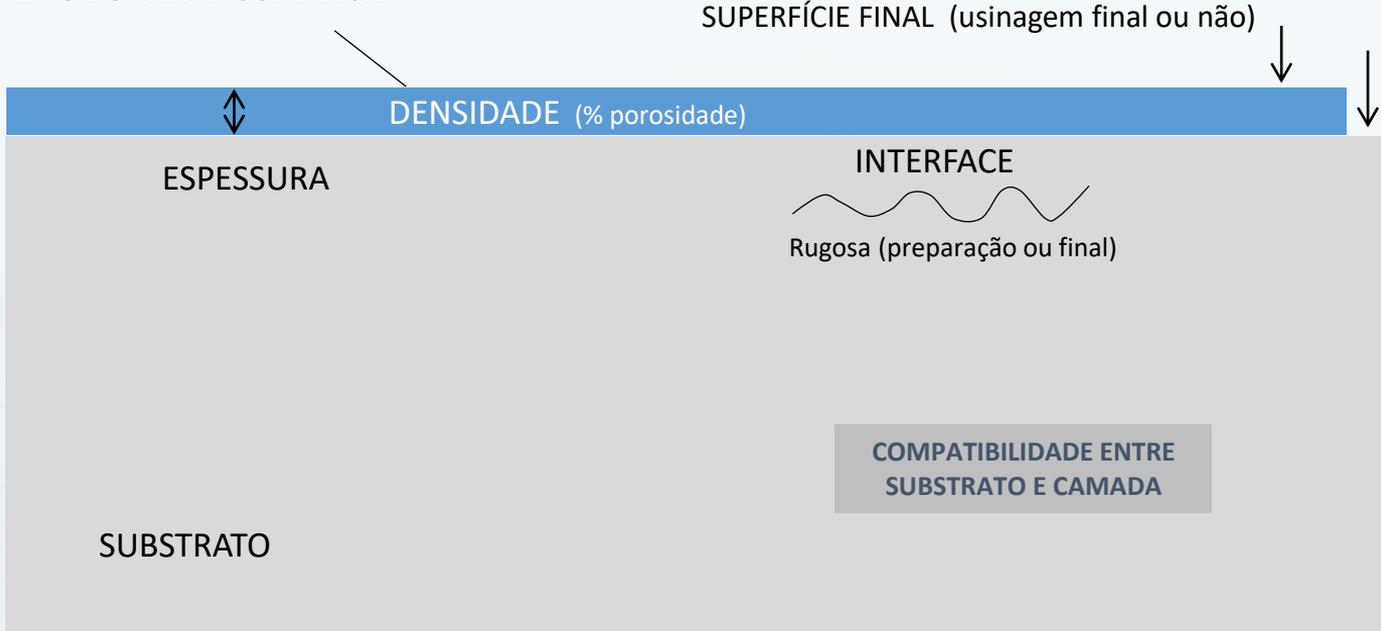
SUPERFÍCIE ISOLANTE

SUPERFÍCIE REFLETORA

REVESTIMENTO POR ASPERSÃO TÉRMICA

- 1 – preparação pré-deposição
- 2 – deposição (diversos processos, substrato aquecido ou não)
- 3 – fusão (spray and fuse)
- 4 – preparação pós-deposição

CAMADA COM A PROPRIEDADE RELACIONADA AO REQUISITO EXIGIDO PARA A SUPERFÍCIE

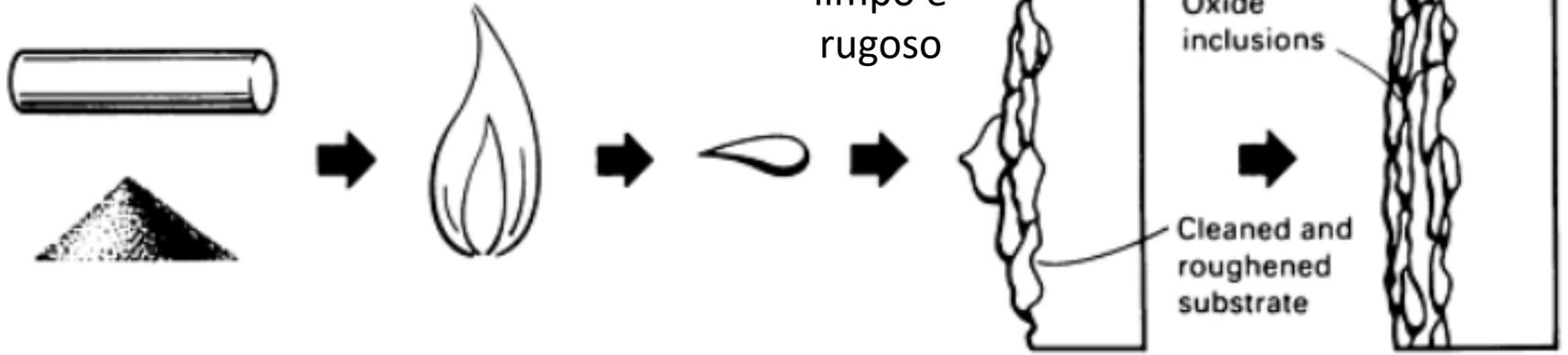


Spray & Fuse Colmonoy
Requisito 2% poros

SUPERFÍCIE ORIGINAL
(limpeza e preparação)

PREPARAÇÃO
Perfil de rugosidade
(jateamento abrasivo,
às vezes usinagem)

ASPERSÃO TÉRMICA



Solid or powder feedstock

Electric or gas heat source melts feedstock

Molten particles are accelerated

Particles impact on substrate and flatten

Finished coating

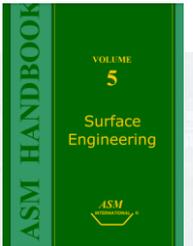
Revestimento acabado

Material de deposição sólido ou em pó

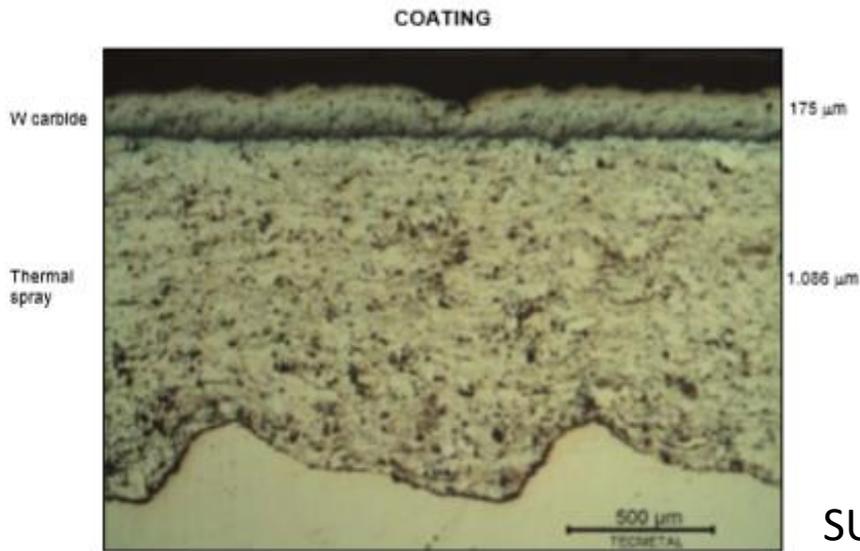
Fonte de calor (gás ou elétrica) para fundir o material de deposição

Aceleração das partículas fundidas

Impacto das partículas no substrato



METALOGRAFIA POR MICROSCOPIA ÓTICA DE UMA SEÇÃO TRANSVERSAL À CAMADA DEPOSITADA POR ASPERSÃO TÉRMICA



TOTAL AVERAGE COATING THICKNESS – 1.2 mm

CARBETO DE TUNGSTÊNIO

CAMADA DE
TRANSIÇÃO

SUBSTRATO COM RANHURAS DE USINAGEM

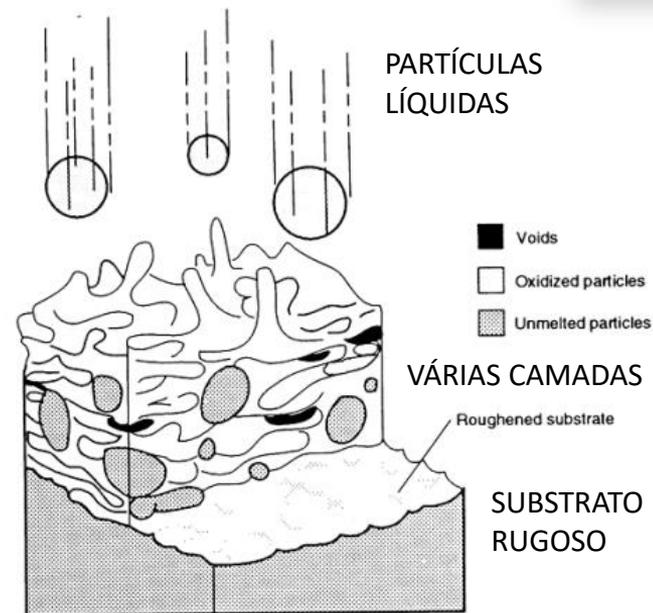
Table 2 Comparison of typical thermal spray processes

PRÉ-AQUECIMENTO DO SUBSTRATO

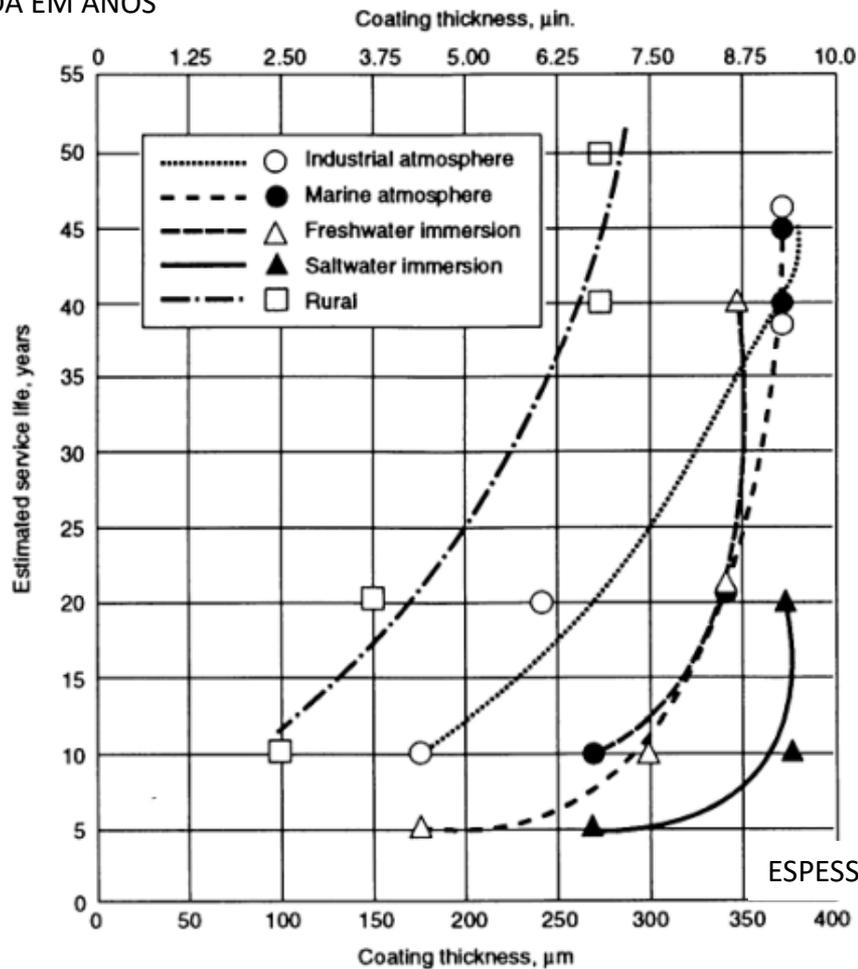
Process	Materials	Feed material	Surface preparation	Substrate temperature		Particle velocity	
				°C	°F	m/s	ft/s
Powder flame spray	Metallic, ceramic, and fusible coatings	Powder PÓ	Grit blasting or rough threading	105-160	225-325	65-130	200-400
Wire flame spray	Metallic coatings	Wire ARAME	Grit blasting or rough threading	95-135	200-275	230-295	700-900
Ceramic rod spray	Ceramic and cermet coatings	Rod VARETA	Grit blasting	95-135	200-275	260-360	800-1100
Two-wire electric-arc	Metallic coatings	Wire	Grit blasting or rough threading	50-120	125-250	240	800
Nontransferred arc plasma	Metallic, ceramic, plastics, and compounds	Powder	Grit blasting or rough threading	95-120	200-250	240-560	800-1850
High-velocity oxyfuel	Metallic, cermet, some ceramic	Powder	Grit blasting	95-150	225-300	100-550	325-1800
Detonation gun	Metallic, cermet, and ceramic	Powder	Grit blasting or as-machined	95-150	225-300	730-790	2400-2600
Super D-Gun	Metallic, cermet, and ceramic	Powder	Grit blasting or as-machined	95-150	225-300	850-1000	2800-3300

VELOCIDADE DAS PARTÍCULAS

PROCESSOS
MATERIAIS
PREPARAÇÕES
SUBSTRATOS



VIDA EM ANOS



ASPERSÃO TÉRMICA QUE CONFERE PROTEÇÃO CATÓDICA



IndiaMART



TSA Coating By High Velocity Arc Spray Process at best price in Ahmedabad



COATING DE ZN-AL

Fig. 22 Plot of service life versus coating thickness as a function of environment for an 85Zn-15Al thermal spray coating

RISER DE COMPLETAÇÃO QUE PRECISA **DURAR** 25 ANOS ENTRANDO E SAINDO DO MAR, SENDO PRESO PELA SUPERFÍCIE EXTERNA, PENDURADO VERTICALMENTE, ARMAZENADO HORIZONTALMENTE,
...

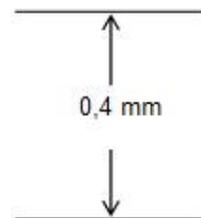
REVESTIMENTO TIPO
PROTEÇÃO CATÓDICA

RESISTÊNCIA À CORROSÃO



TSA (Thermal Spray Aluminium) aplicado por aspersão térmica. Poroso, selado. Espessura dependendo da vida esperada (peso de anodo).

REVESTIMENTO NOBRE E POROSO PARA VEDAR EM CONDIÇÕES DE CORROSÃO ?



0,4 mm

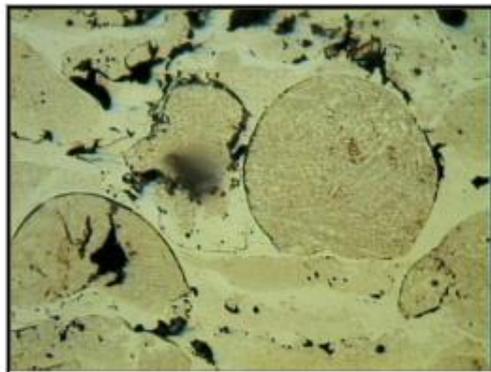
Colmonoy

10 % poros

85x Nital

FALHA

Liga muito resistente à corrosão (mais nobre que o aço) mas processo de aspersão térmica que promove camada porosa e não atua como uma barreira física.



High Velocity Air Fuel (HVAF)



ASPERSÃO
TÉRMICA QUE
CONFERE
PROTEÇÃO
CONTRA
DESGASTE

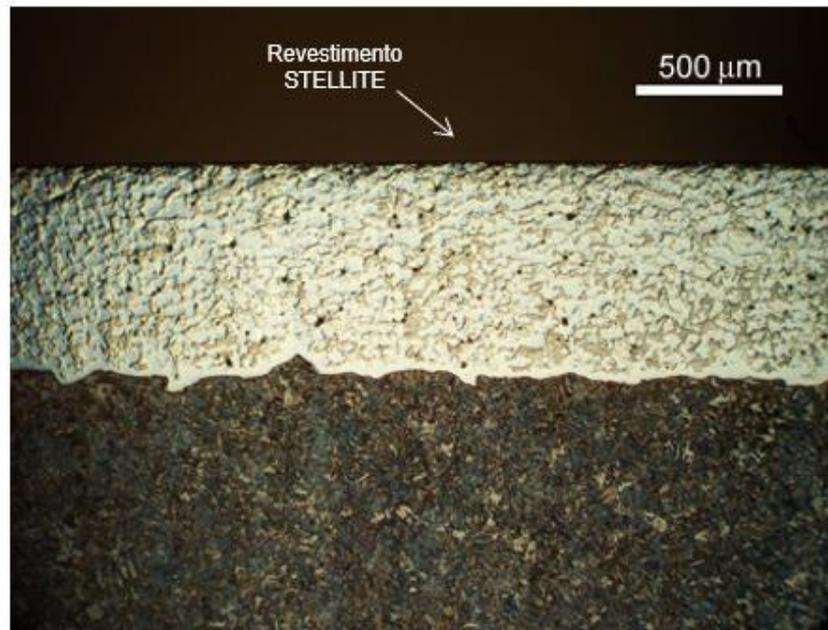
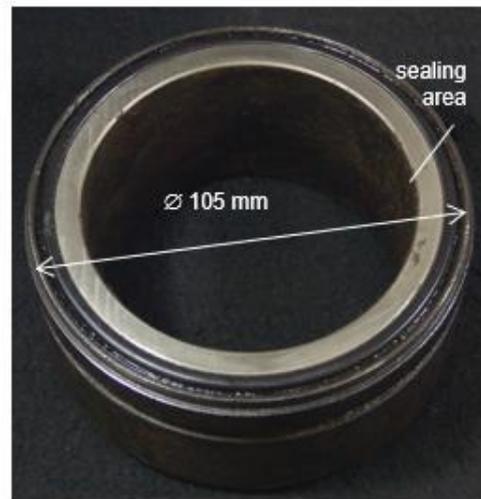
espessuras
típicas entre
0,4 mm e
2,5 mm

HVAF System Spraying a Repair Coating onto a Shaft

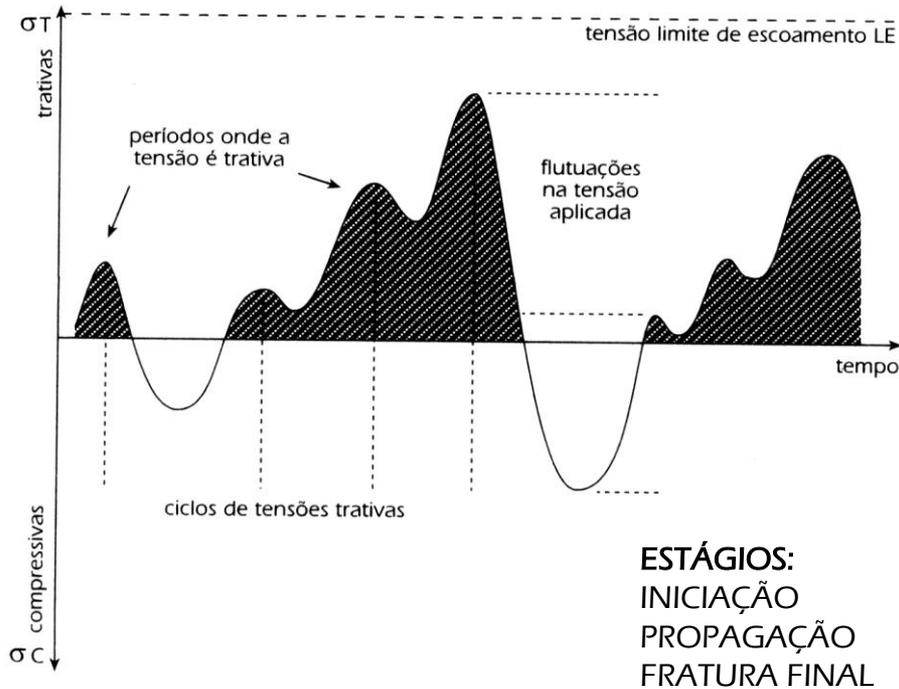
<https://metalspraysupplies.com/metal-spray-industry-application/engineering-production?start=7>

Sede confeccionada em aço baixa liga AISI 4130 com tratamento térmico de normalização e revenimento para dureza de 20 HRC.

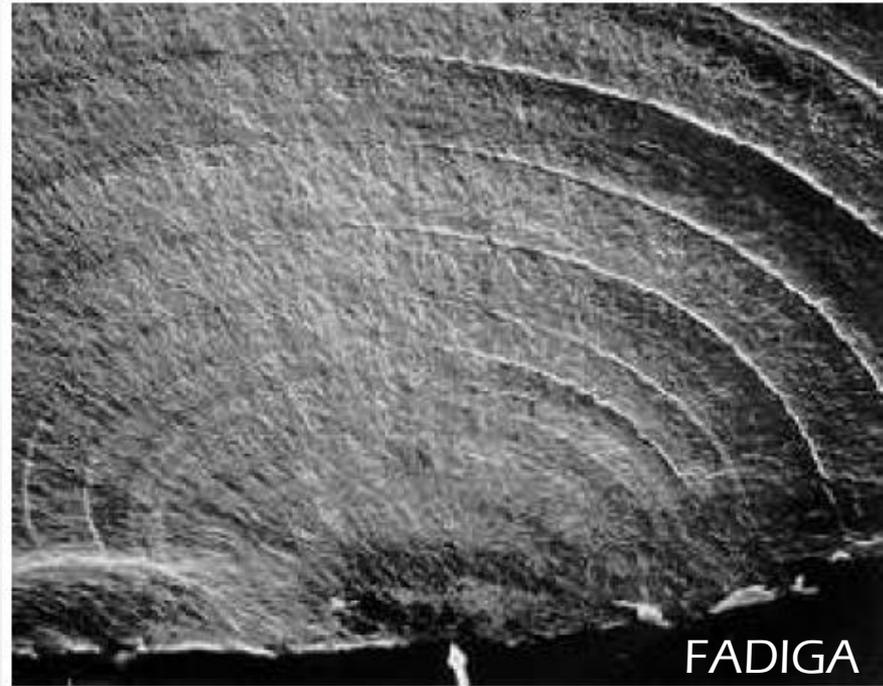
Áreas de vedação com dureza de 50 HRC revestidas com camada de 700 mícrons, por processo que promove pequena quantidade de poros.



Revestimento Duro (tipo STELLITE) em sede de válvula, que sofre contato com deslizamento. aspersão térmica com processo plasma.



A RESISTÊNCIA À FADIGA REQUER MUITO CUIDADO COM OS CONCENTRADORES DE TENSÃO



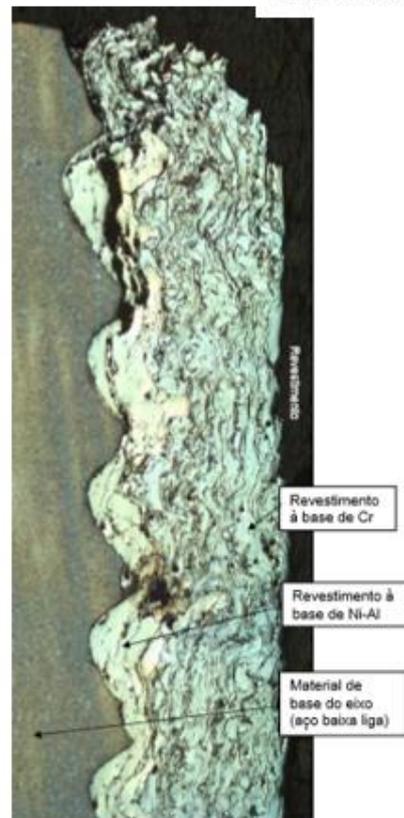
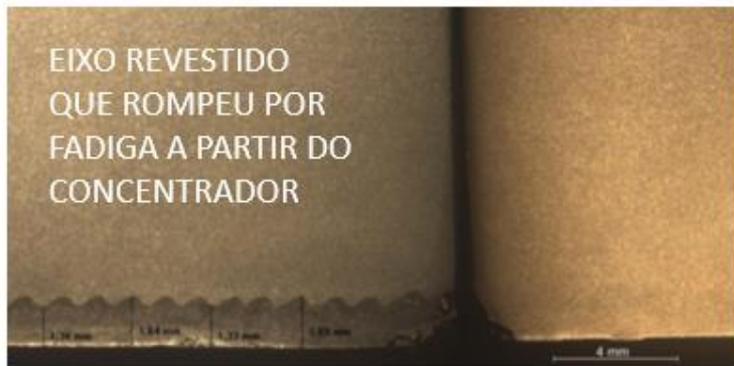
Fadiga é um mecanismo de dano associado à aplicação de ciclos de carregamento (simples ou aleatórios), de intensidade inferior à tensão limite de escoamento do material, que provocam a iniciação e propagação de defeitos no material, e levam à condição de falha.

REVESTIMENTO CONTRA DESGASTE NÃO COMPATÍVEL COM A RESISTÊNCIA À FADIGA REQUERIDA PARA UMA ÁRVORE ROTATIVA.

CAMADA DE TRANSIÇÃO DE NIQUEL

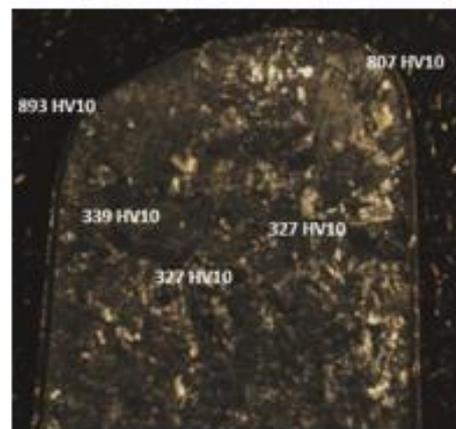
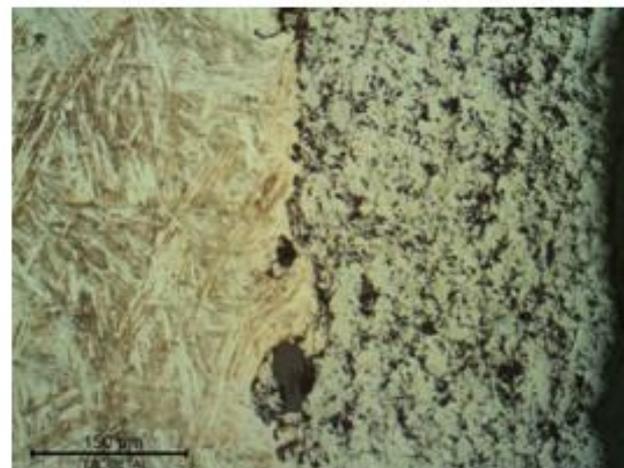
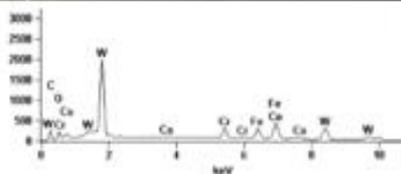
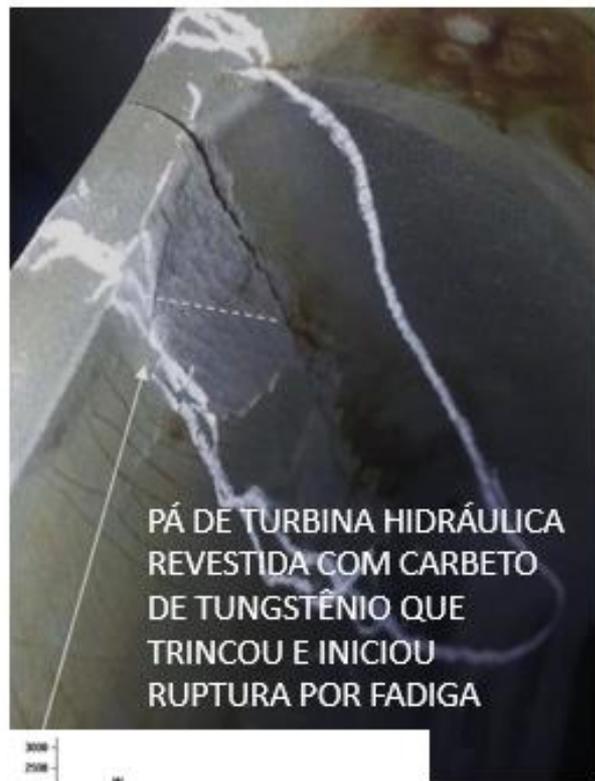
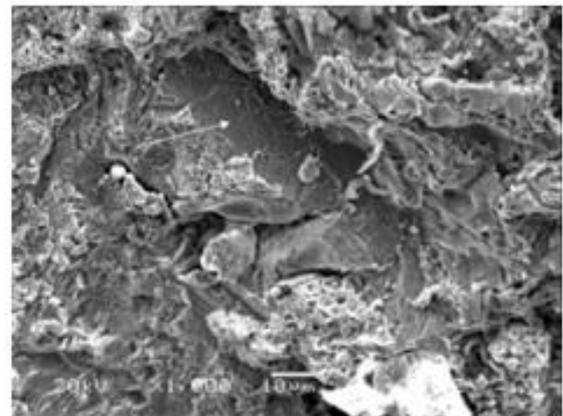
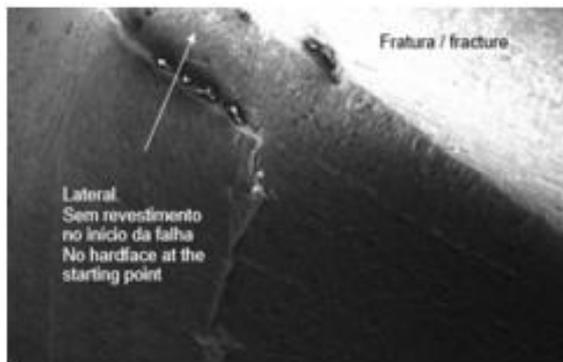


FALHA



REVESTIMENTO CONTRA DESGASTE NÃO COMPATÍVEL COM A RESISTÊNCIA À FADIGA REQUERIDA PARA A PÁ DE TURBINA HIDRÁULICA.

FALHA

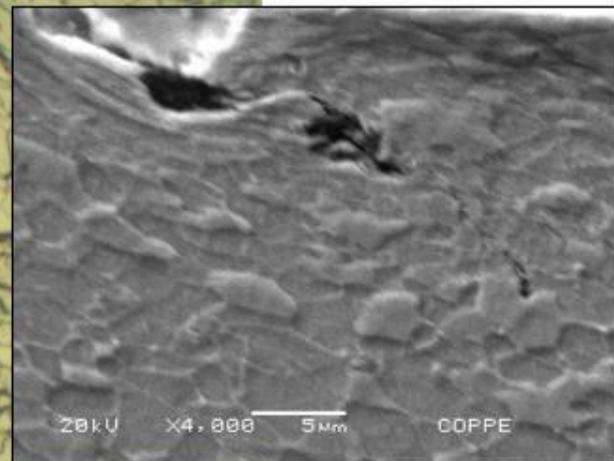


SUPERFÍCIE

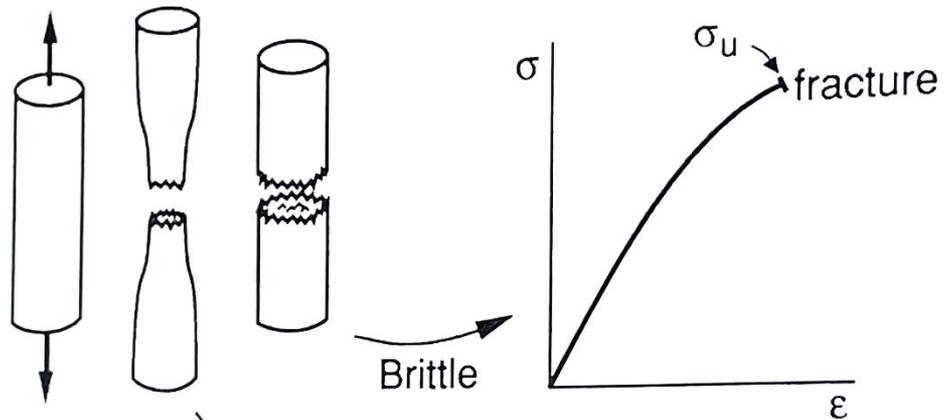
O JATEAMENTO
ABRASIVO CRIA
RUGOSIDADES
ATRAVÉS DA
DEFORMAÇÃO
PLÁSTICA

AÇO FERRÍTICO, DE BAIXO CARBONO

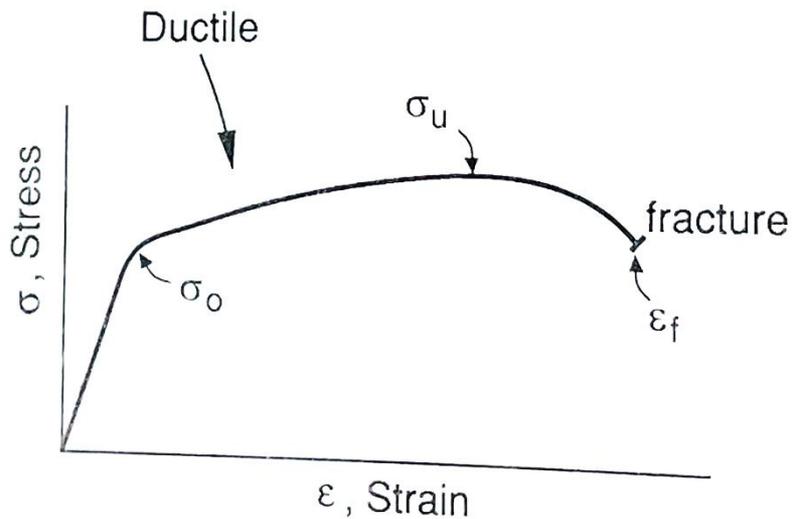
METALOGRAFIA POR MICROSCOPIA ÓTICA



METALOGRAFIA POR MICROSCOPIA
ELETRÔNICA DE VARREDURA



ENSAIOS DE TRAÇÃO



NATUREZA DOS MATERIAIS



MATERIAIS SEM DUCTILIDADE TRINCAM SEM DEFORMAR

CUIDADO NA PREPARAÇÃO



MATERIAIS COM GRANDE DUCTILIDADE DEFORMAM MUITO ANTES DE TRINCAR

COMENTÁRIOS

A ASPERSÃO TÉRMICA é um processo de fabricação usual quando se deseja revestir superfícies para resistir à corrosão, ao desgaste, entre outras aplicações, sendo entretanto que as características do revestimento e do substrato devem ser plenamente compatíveis entre si, e com os métodos de preparação, para evitar que o processo cause danos que abreviem a vida dos componentes, em especial frente a carregamentos cíclicos (fadiga).

Obrigada pela atenção

azeemann@tecmetal.com.br

www.tecmetal.com.br

Annelise Zeemann



Linkedin

Materials Life (canal do Youtube, Instagram)

www.materials.life

