

ASPERSAÇÃO TÉRMICA

Ramón S. Cortés Paredes, Dr. Engº.

Departamento de Engenharia Mecânica da UFPR
ramon@ufpr.br
2T 2015



Flame.wmv

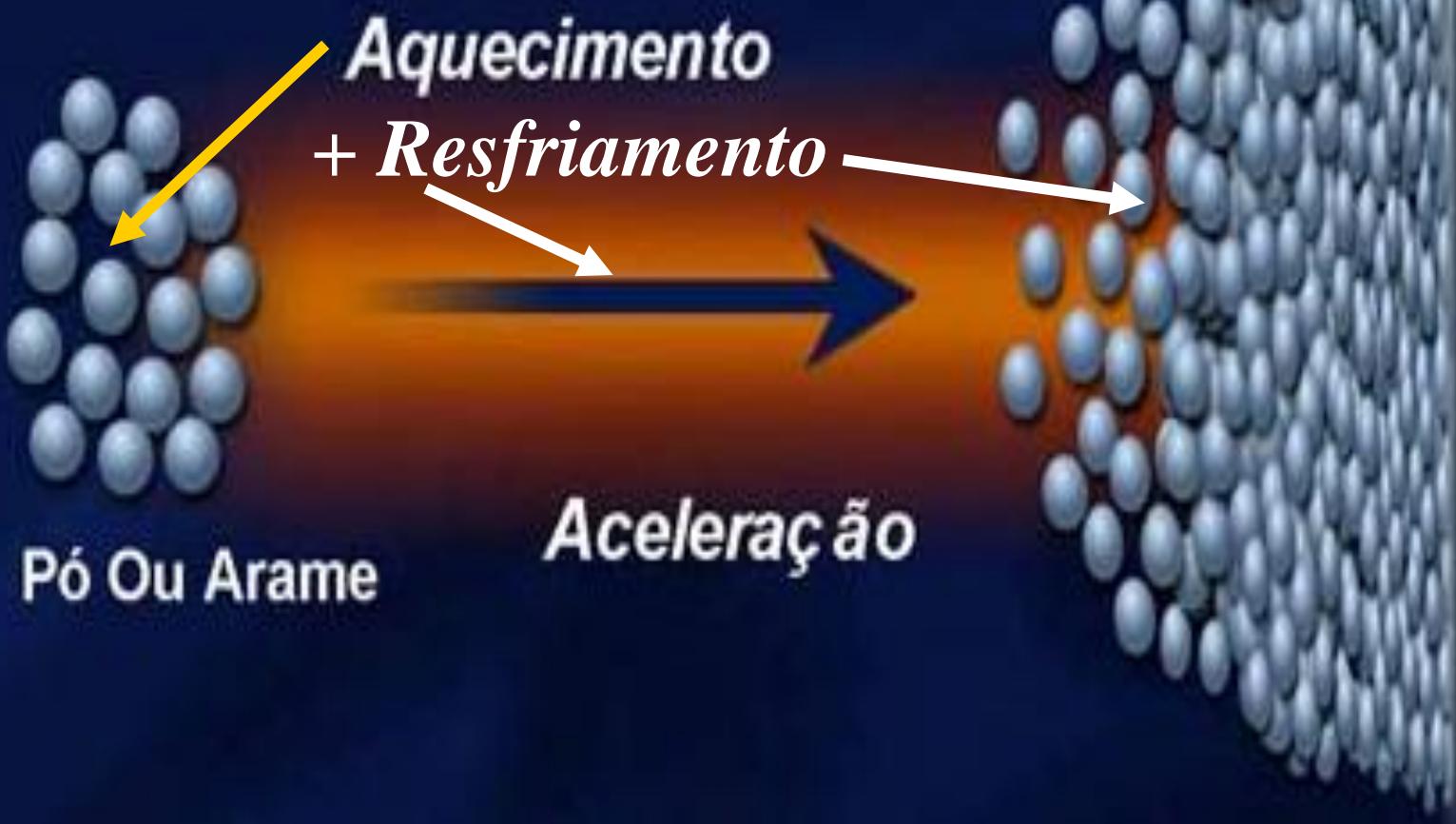


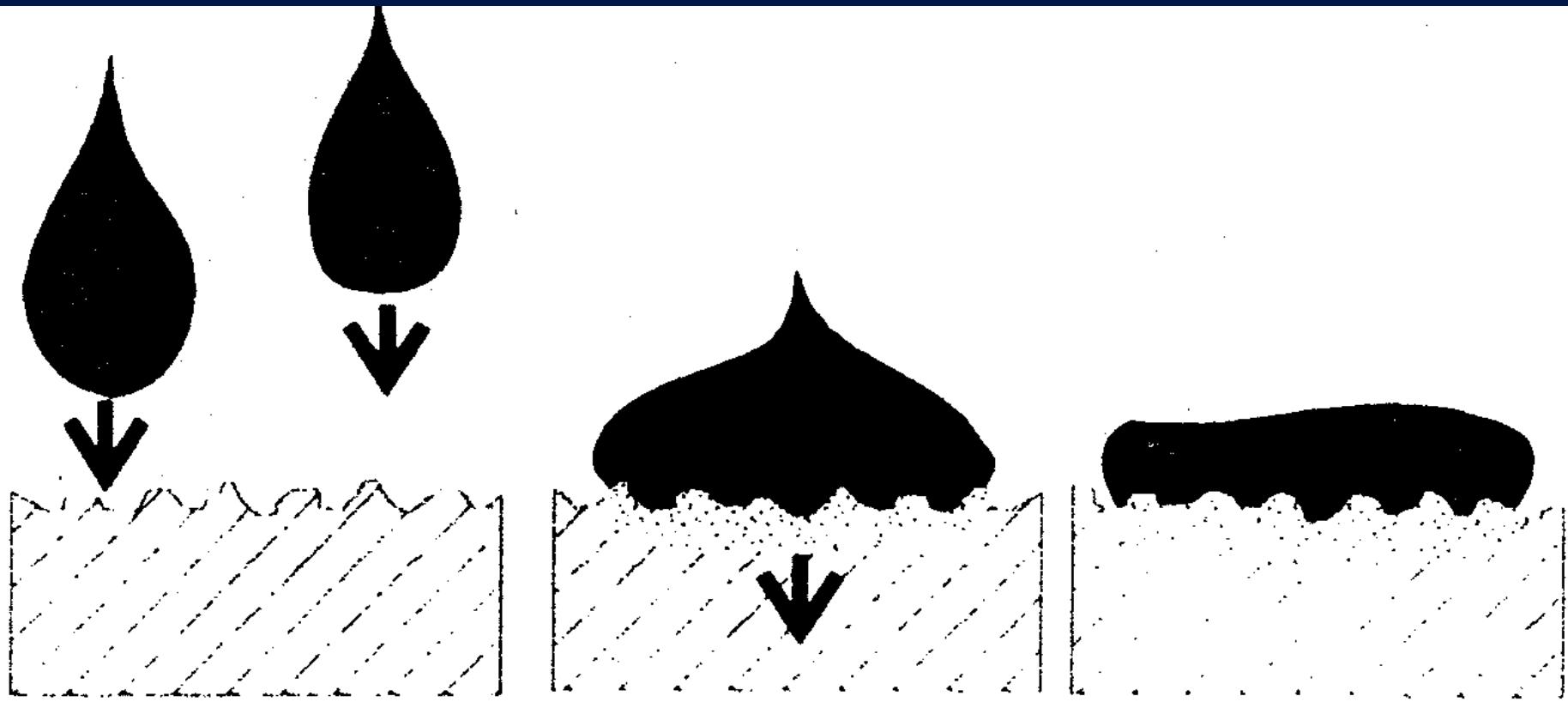
ASPERSAÇÃO TÉRMICA - AT

Os processos de AT são uma tecnologia composta de diversos processos e são utilizados para a proteção de superfícies contra a corrosão e/ou desgaste pela deposição de revestimentos.

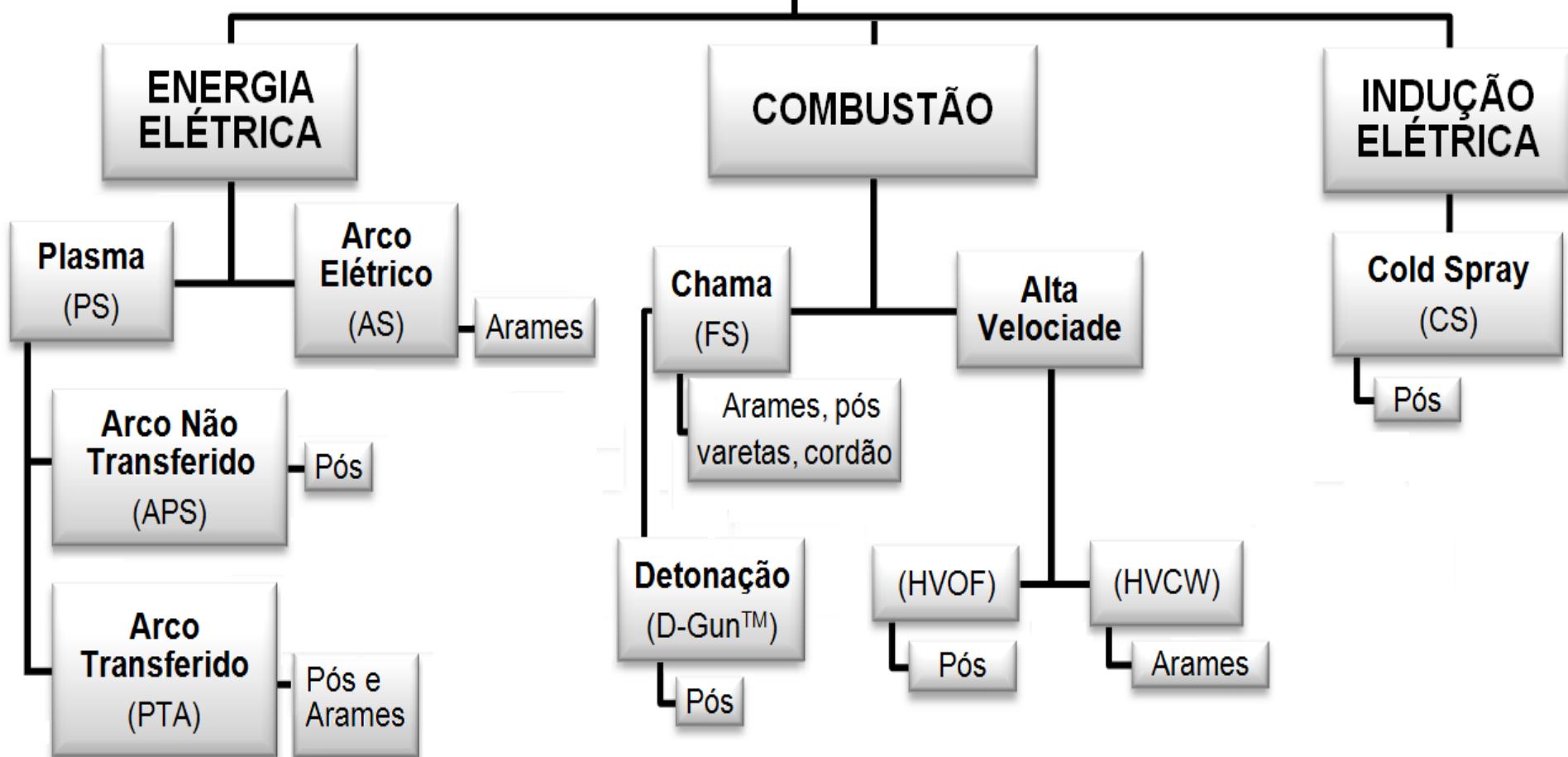


Mecanismos





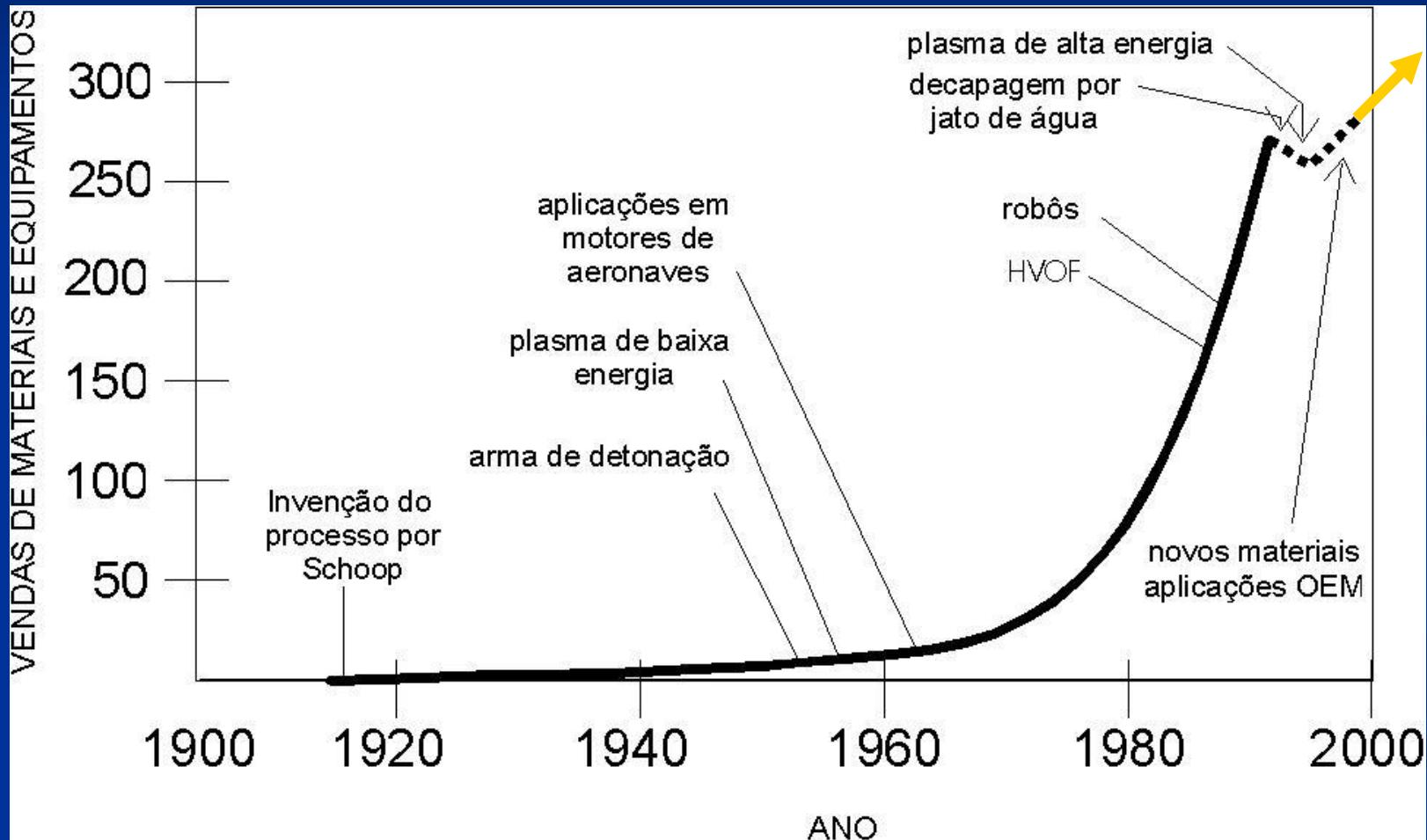
ASPERSAÇÃO TÉRMICA



De acordo com os processos de aplicação de revestimentos protetores podemos classificar os processos de aplicação em três grandes grupos:

- **1. Aqueles que envolvem fusão do metal e do material de aporte.**
- **2. Aqueles que envolvem somente a fusão do material de aporte.**
- **3. Aqueles que envolvem um processo de difusão [2+3].**

Historia e crescimento da indústria de AT (THORPE, 1998).



Areas de atuação da Aspersão Térmica

[Thermal Spray]

Aero espacial

Agricultura

Marítimo

Metal Trabalho

Papel e Imprensa

Bombas / Motores

Eletrônica /Computadores

Implantes

Petro Produtos Químicos

Geotérmica

Nuclear Power

Utilidades / Energia / Água /Esgoto

Golfe

Militar

Offshore submersas Pipe Lines

Plataformas de petróleo offshore

Refinarias

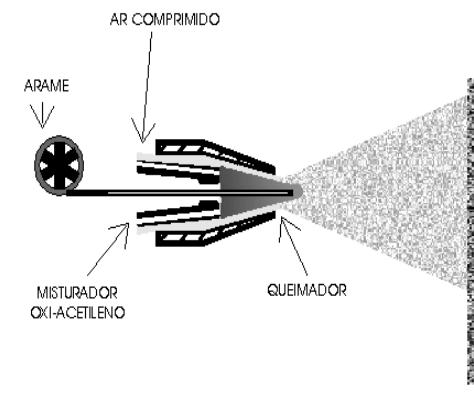
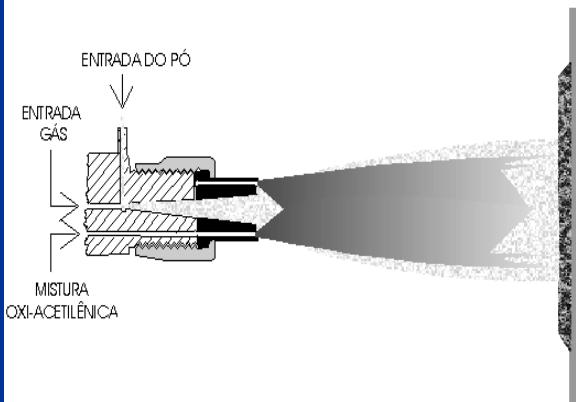
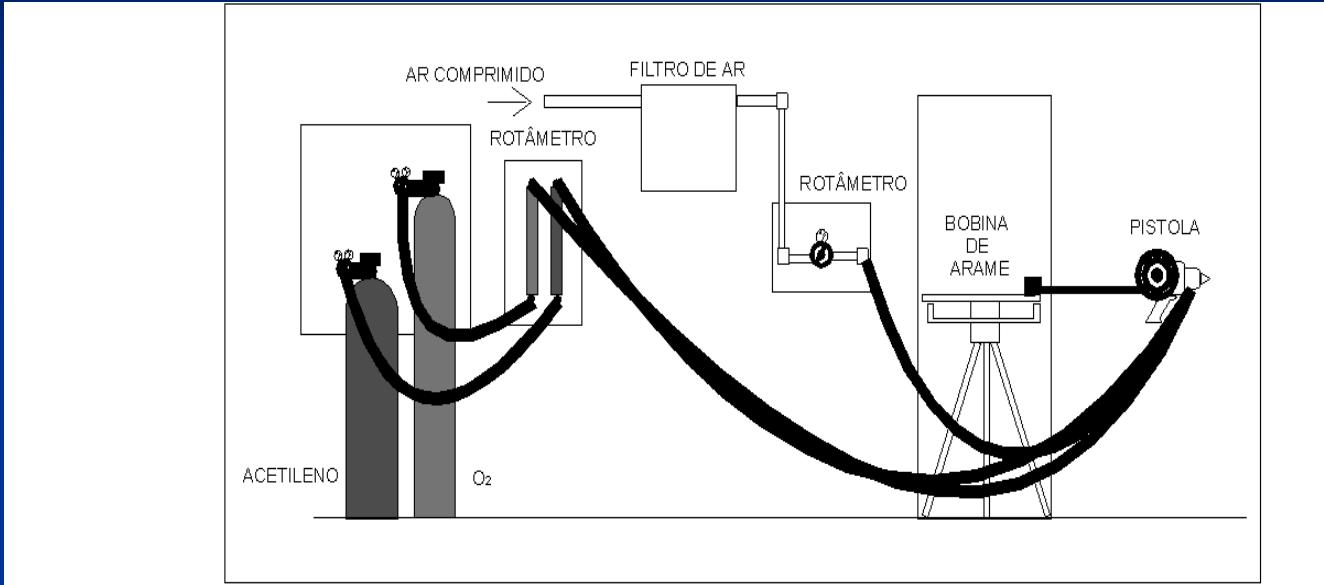
Railroad

Automóveis

Diesel

Processo de aspersão térmica a chama oxiacetilênica

FS – “Flame Spray”



Equipamento

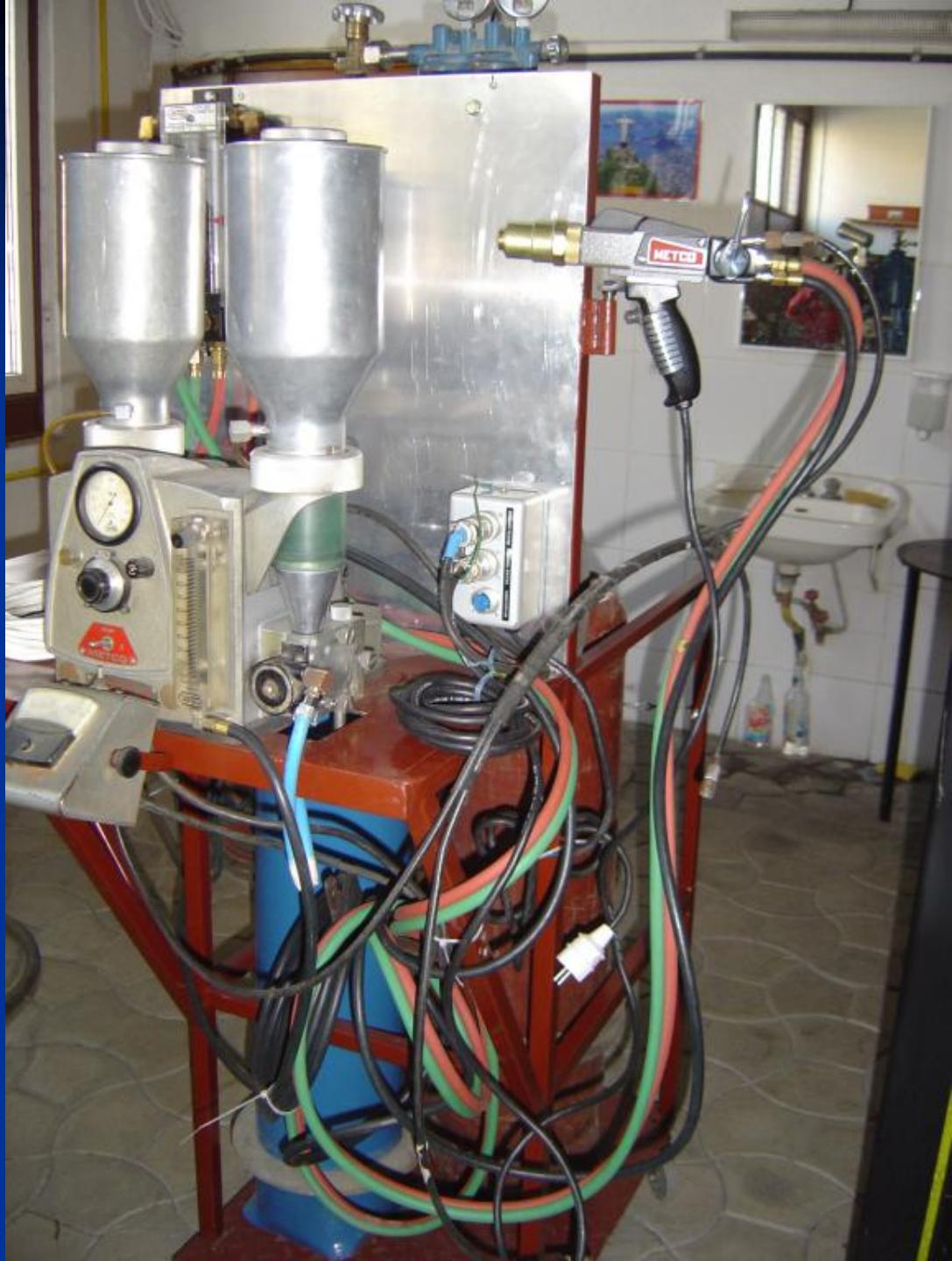
- Tipo de pistola : pó e arame
- Pressão e fluxo do ar comprimido utilizado para transferir as partículas até o substrato.
- Pressão e Fluxo de oxigênio e acetileno utilizado para a formação da chama.

Procedimento

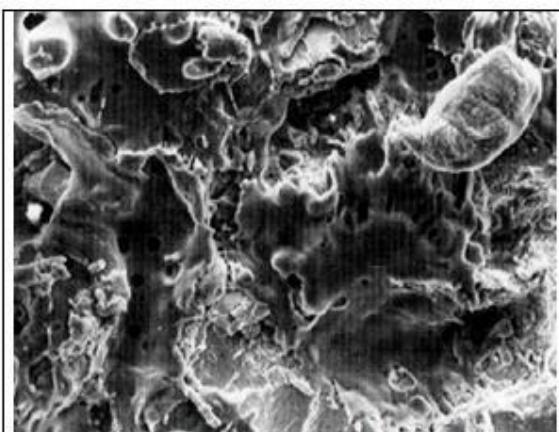
- Distância de deposição
- Velocidade de deposição ↔ ↑
 - Limpeza e Rugosidade
 - Preaquecimento
 - Selante



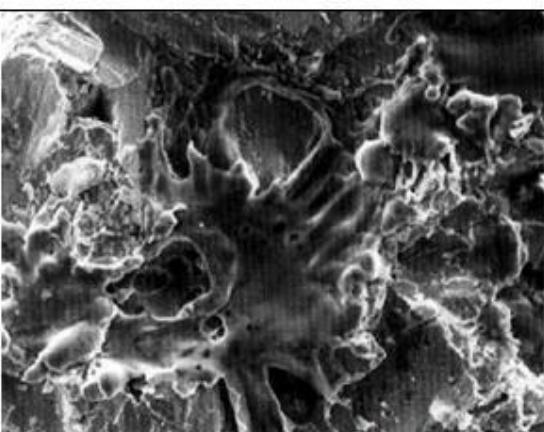
Flame.wmv



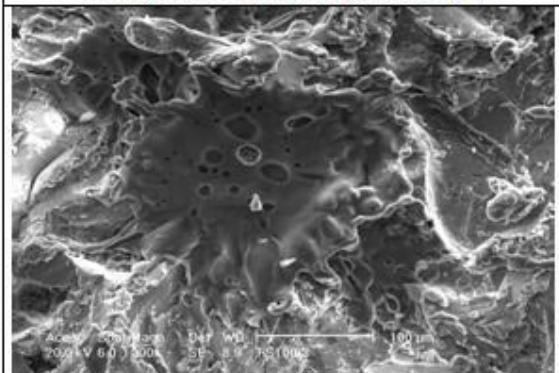




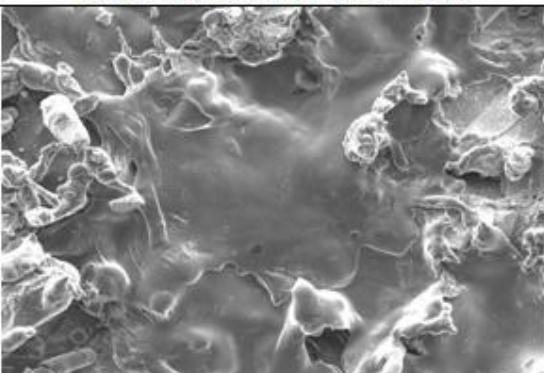
(a) rugosidade do substrato Ry 70/80 µm
sem pré-aquecimento / processo FS



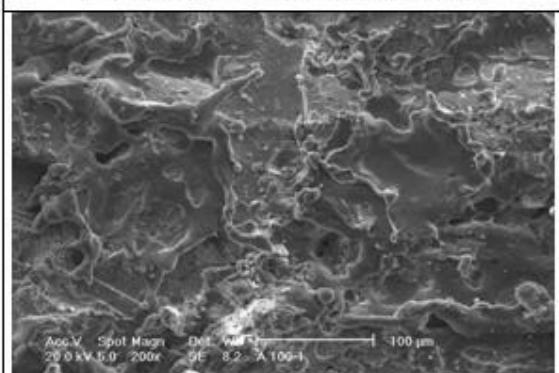
(b) rugosidade do substrato Ry 70/80 µm
com pré-aquecimento / processo FS



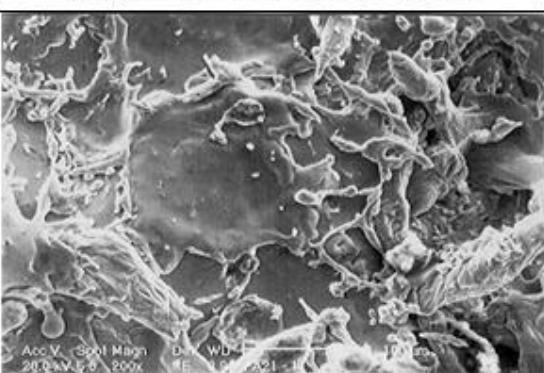
(c) rugosidade do substrato Ry 50/60 µm
sem pré-aquecimento / processo FS



(d) rugosidade do substrato Ry 50/60 µm
com pré-aquecimento / processo FS



(e) rugosidade do substrato Ry 50/60 µm
sem pré-aquecimento / processo ASP



(f) rugosidade do substrato Ry 50/60 µm
com pré-aquecimento / processo ASP

Temperaturas das fontes de calor adaptado, (ASM, 1994).

Fonte	Temperatura (°C)
Propano + Oxigênio	2526
Gás Natural + Oxigênio	2538
Hidrogênio + Oxigênio	2660
Propileno + Oxigênio	2843
Acetileno + Oxigênio	3087
Arco Plasma	2200 - 28000

Composição e forma de alguns materiais ferrosos

Composição % em peso	Formas disponíveis		Comentário
	pó	arame	
Mn 0,5; C 0,10; Fe balanço	x	x	Aço baixo carbono
C 0,80; P 0,04; S 0,04; Mn 0,7; Fe b resto		x	Aço alto carbono
Al 10,0; Mo 1,0; C 0,2; Fe resto	x		Aço liga baixo carbono
Al 3,0; Mo 3,0; C 3,0; Fe resto	x		Aço liga alto carbono
C 0,15; P 0,06; S 0,03; Mn 8,5; Ni 5,1; Cr 18,0; Si 1,0; Fe resto		x	Aço inoxidável tipo 202
Cr 17,0; Ni 12,0; Mo 2,5; Si 1,0; C 0,1; Fe resto	x	x	Aço inoxidável tipo 316
Cr 19,0; Ni 9,5; Mn 2,0; Si 1,0; Fe b resto	x	x	Aço inoxidável tipo 304
C 0,35; Cr 13,0; Si 0,5; Fe resto		x	Aço inoxidável tipo 420

Materiais não ferrosos

Composição % em peso	Forma disponíveis		Comentário
	pó	Arame	
Al 95,0; Fe 1,0; Cu resto	x	X	Bronze alumínio
Si 12,0, Al resto		X	Liga AlSi
Al 99,0 +	x	x	Al puro
Cu 99,0 +	x	x	Cobre desoxidado
Ni 38,0; Cu resto	x	x	Monel
Zn 99,9 +		x	Zinco puro
Cu 66,0; Zn 34,0		x	Latão
Cu 95,0; Sn 5,0		x	Bronze fosforoso
Sn 90,0; Sb 12,5; Cu 3,0		x	Metal patente base estanho
Pb 78,0; Sb 12,5; Sn 10,0; Cu 0,5		x	Metal patente base chumbo
Zn 85,0; Al 15,0		x	Liga ZnAl

Ligas especiais

Composição % em peso	Formas disponíveis		Comentário
	pó	arame	
Cr ₃ C ₂ 99,9	x		Carbeto de cromo
Cr ₃ C ₂ 75; Ni 20; Cr 5	x		Carbeto de cromo em matriz de níquel cromo
Co 12; C 4; Fe 1; W resto	x		Carbeto de tungstênio em matriz de cobalto
Al ₂ O ₃ 98,0; SiO ₂ 0,5; outros 0,5	x		Cerâmica a base de óxido de alumínio branco
Al ₂ O ₃ 94,0; TiO ₂ 2,5; SiO ₂ 2,0; FeO ₃ 1,0; outros resto	x	x vareta	Cerâmica a base de óxido de alumínio cinza
Cr ₂ O ₃ 98	x		Cerâmica a base de óxido de cromo
Al ₂ O ₃ 87; TiO ₂ 13	x		Oxi-cerâmico a base de óxido de Al.
TiO ₂ 99,0	x		Oxi-cerâmico a base de dióxido de titânio
MgO 24; ZrO ₂ resto	x		Oxi- cerâmico a base de zirconato de magnésio
Cr 10; B 2,5; Fe 2,5; Si 2,5; C 0,15; Ni resto	x	x Ø 1/8”	Auto fluxante de media dureza
Cr 17; Fe 4,0; Si 4,0; B 3,5; C 1,0; Ni resto	x	x Ø 1/8”	Auto fluxante de alta dureza

Processo de aspersão térmica por arco elétrico

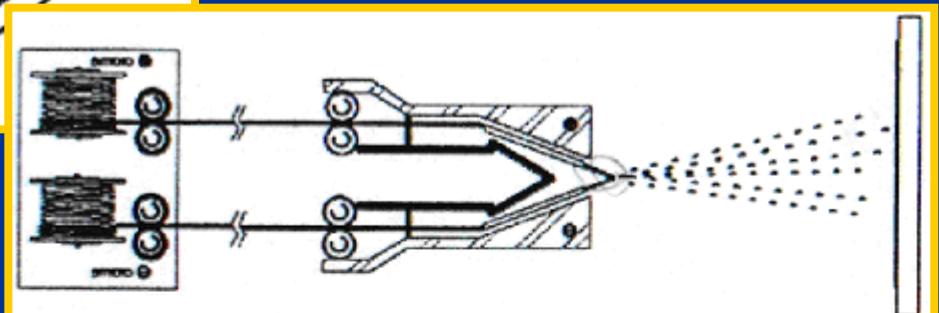
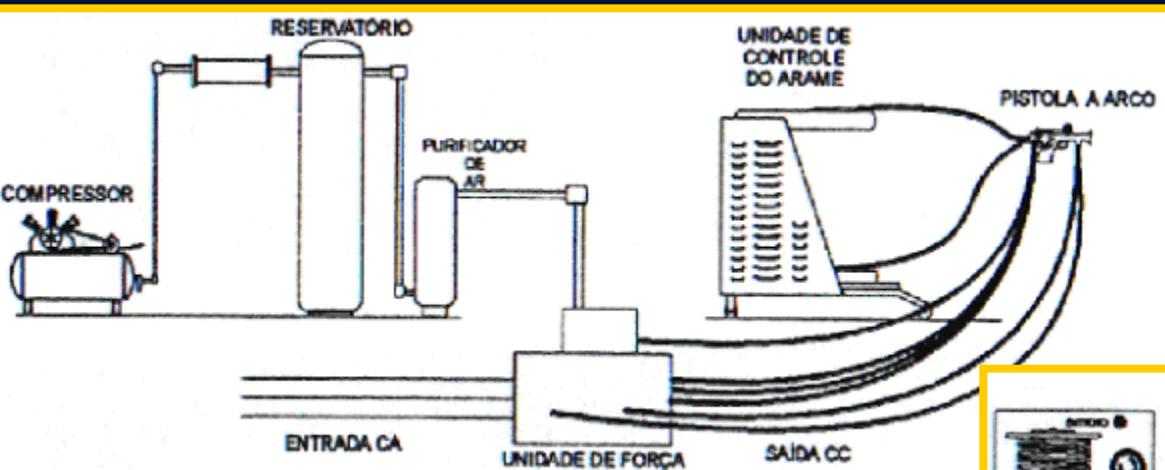
“Arc Spray Process” ASP

O processo ASP é um método com boa relação custo-benefício e é usada para possibilitar resistência ao desgaste em componentes industriais e/ou resistência à corrosão em grandes estruturas.

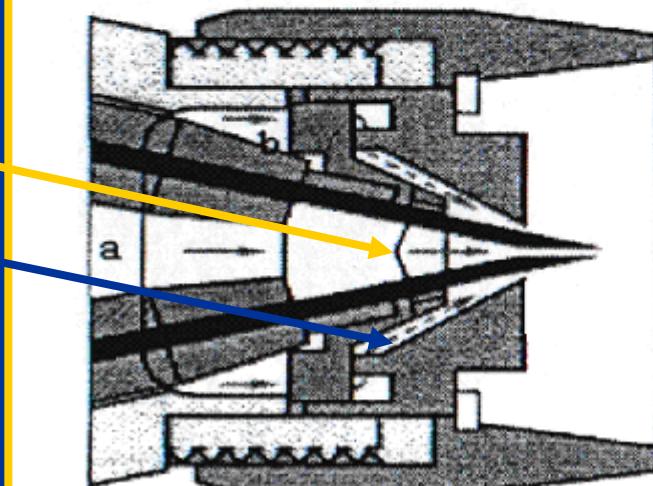
É um processo de deposição no qual é geralmente utilizado ar comprimido como gás de transporte. O gás e todos os constituintes do consumível atomizam-se quando da formação do arco elétrico ($T > 4000^\circ \text{ C}$) e interagem entre si.

Principais parâmetros que afetam a microestrutura:

Limpeza e rugosidade do substrato, pressão do ar comprimido - gás de transporte, tensão, corrente, pré-aquecimento do substrato e distância de aplicação.



- (a) Fluxo de ar primário
- (b) Fluxo de ar secundário

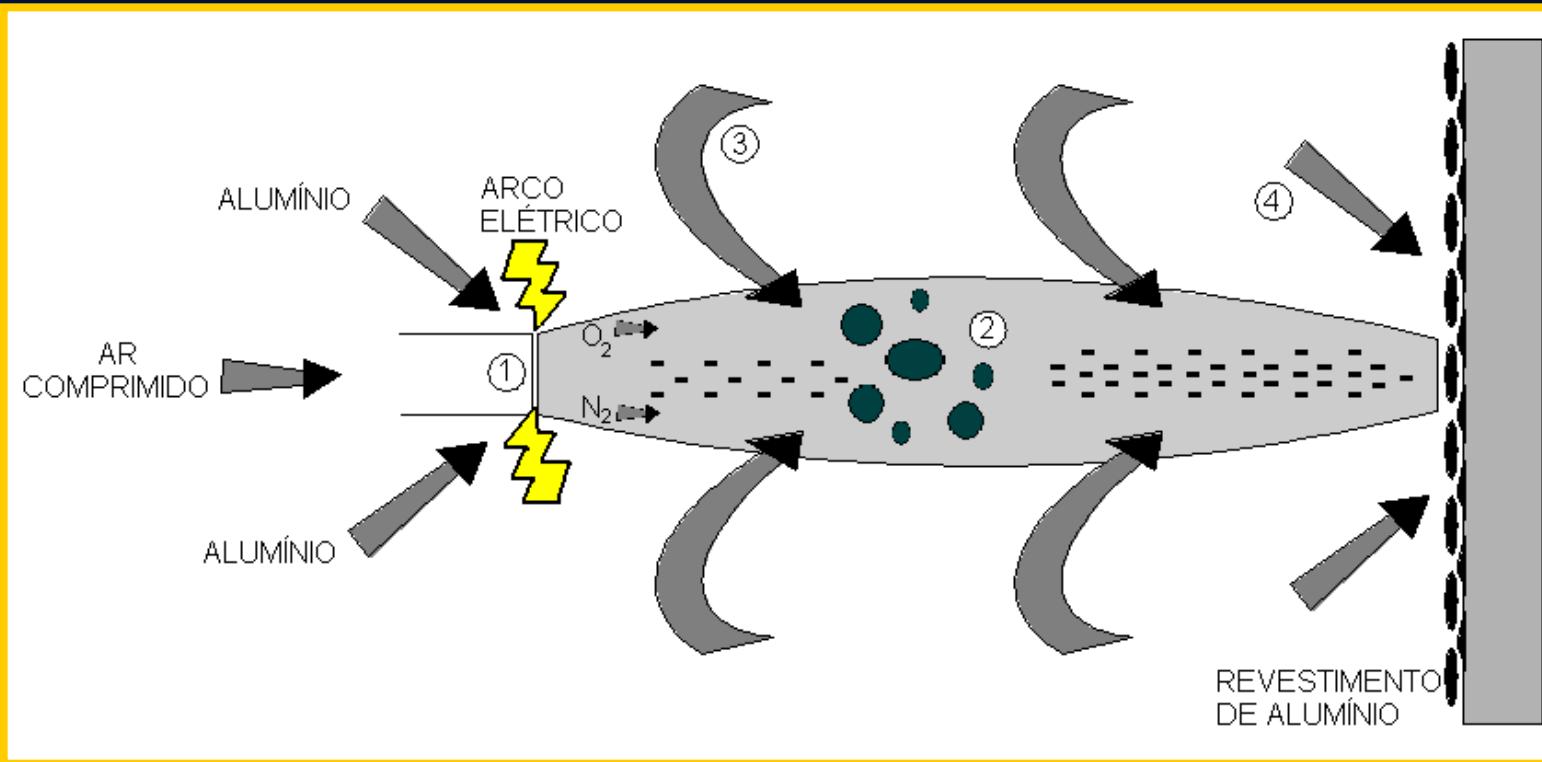




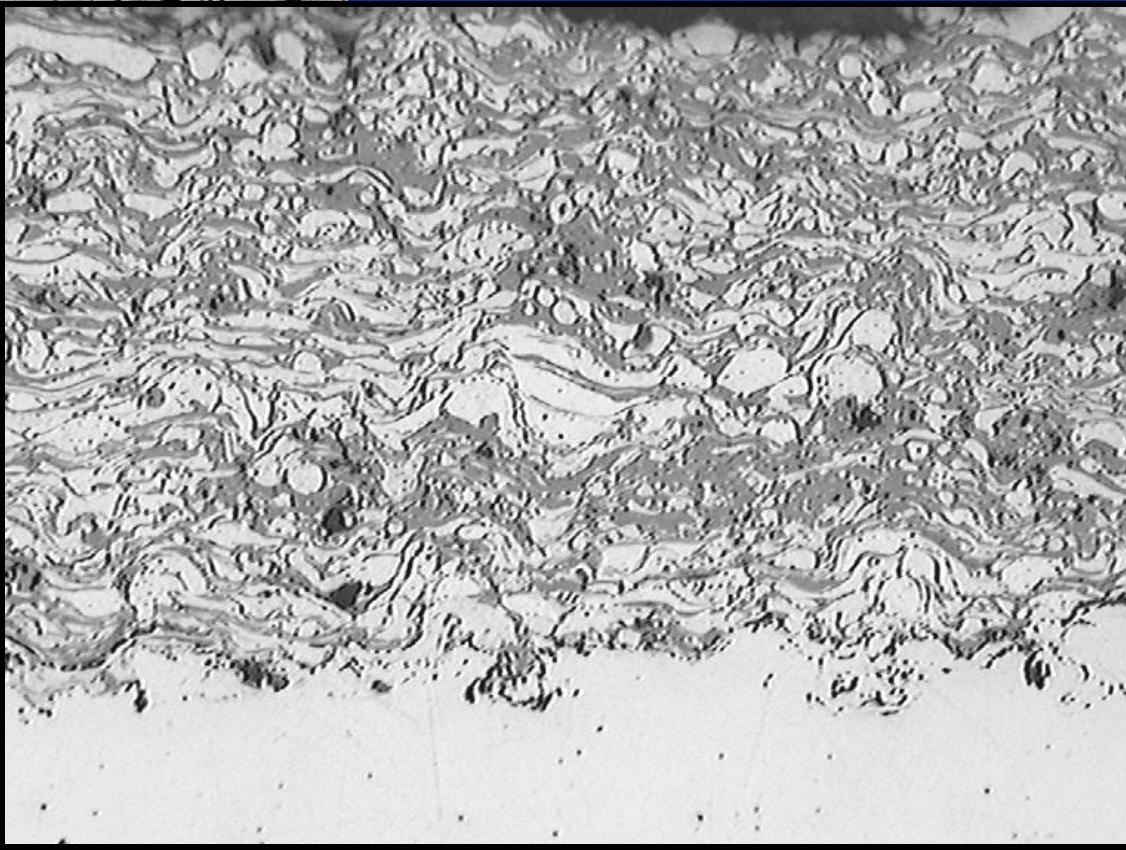
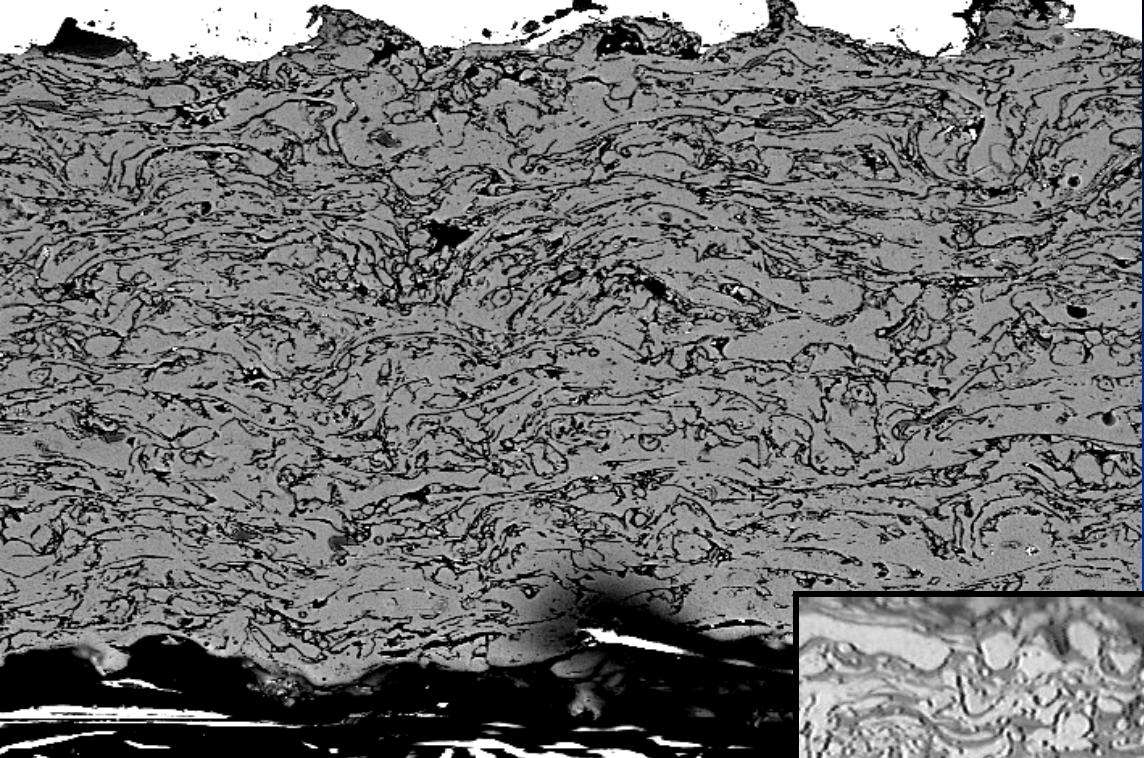
Equipamento de Aspersão Térmica à Arco Elétrico

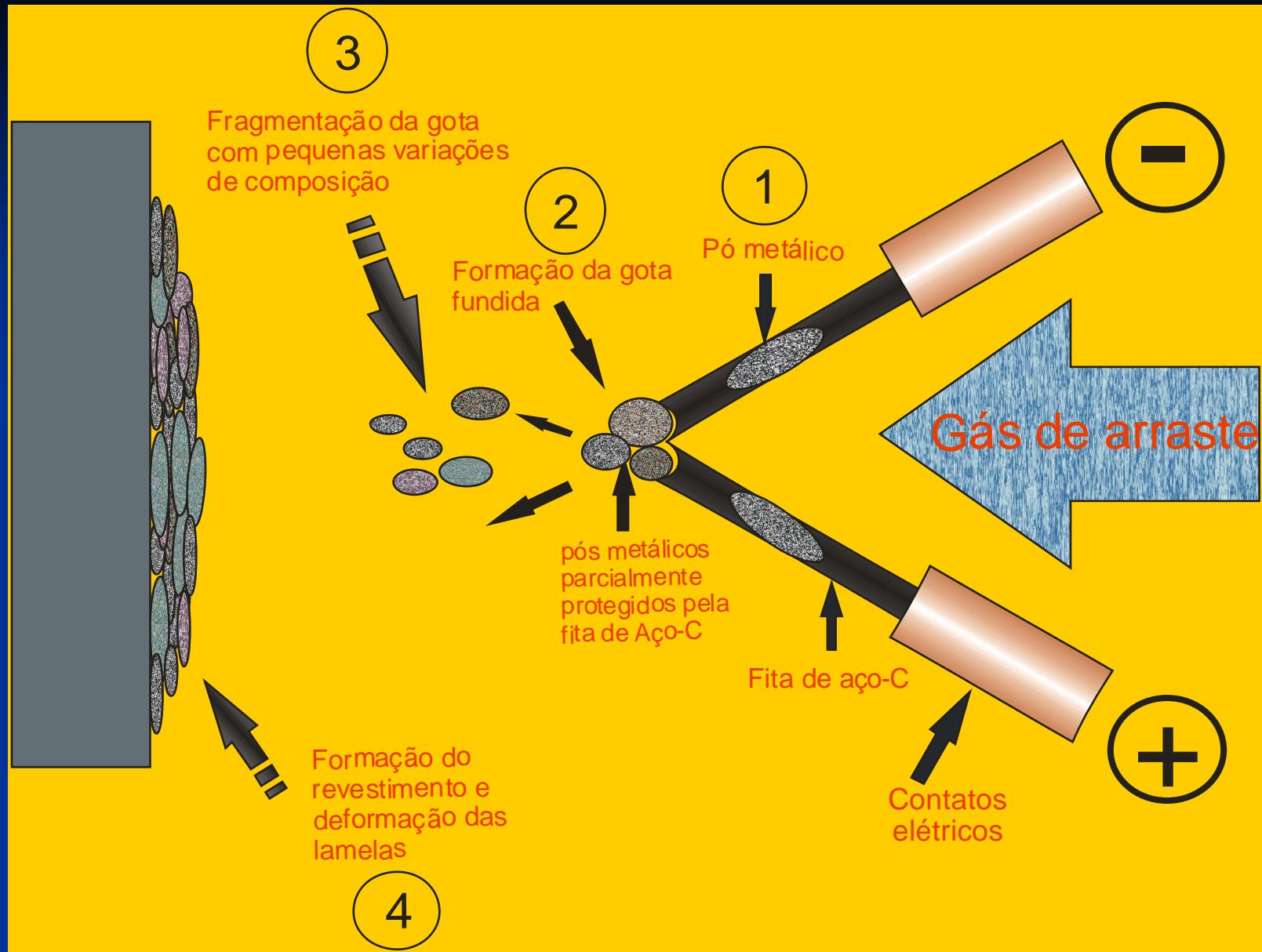
Electric_arc video.wmv

OXIDAÇÃO NA ASPERSÃO TÉRMICA A ARCO ELÉTRICO

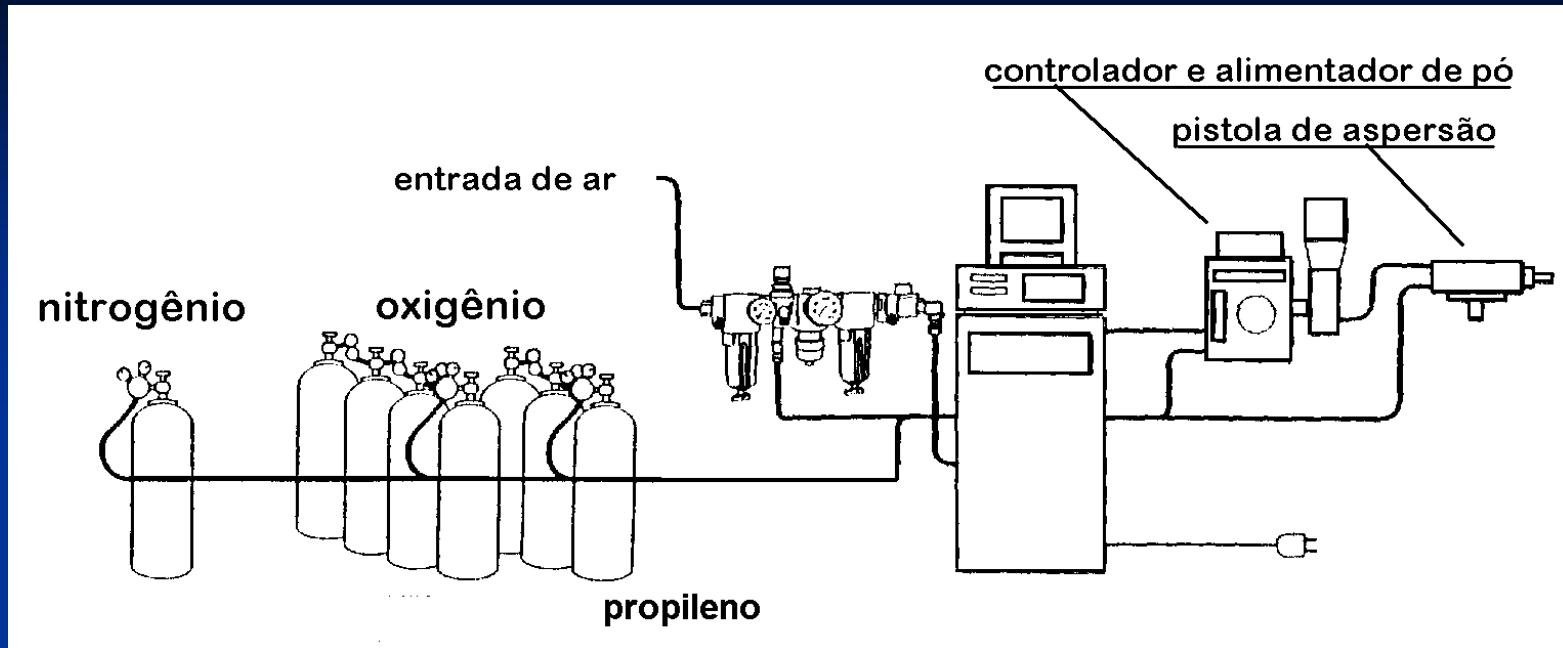


- **Mecanismo 1** – fonte de calor, partículas têm o primeiro e mais relevante contato com ambiente oxidativo. Exclusivo para o processo ASP.
- **Mecanismo 2** – oxidação entre a partícula e o gás de transporte.
- **Mecanismo 3** – ar do meio ambiente que envolve a zona de transferência das partículas.
- **Mecanismo 4** - partículas e/ou camadas já ancoradas ao substrato e que ficam expostas ao ar do meio ambiente.

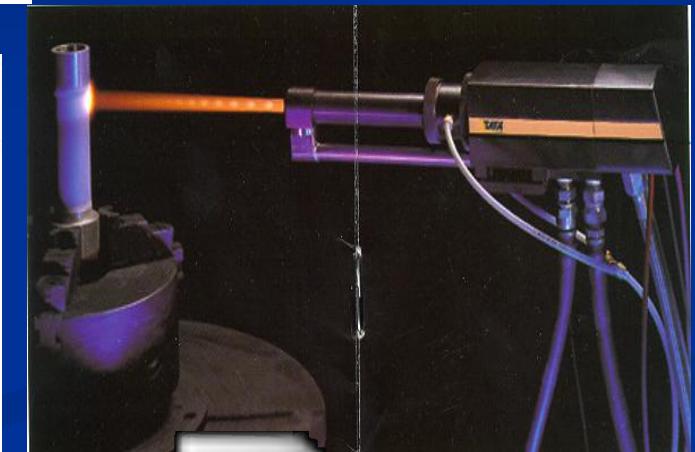
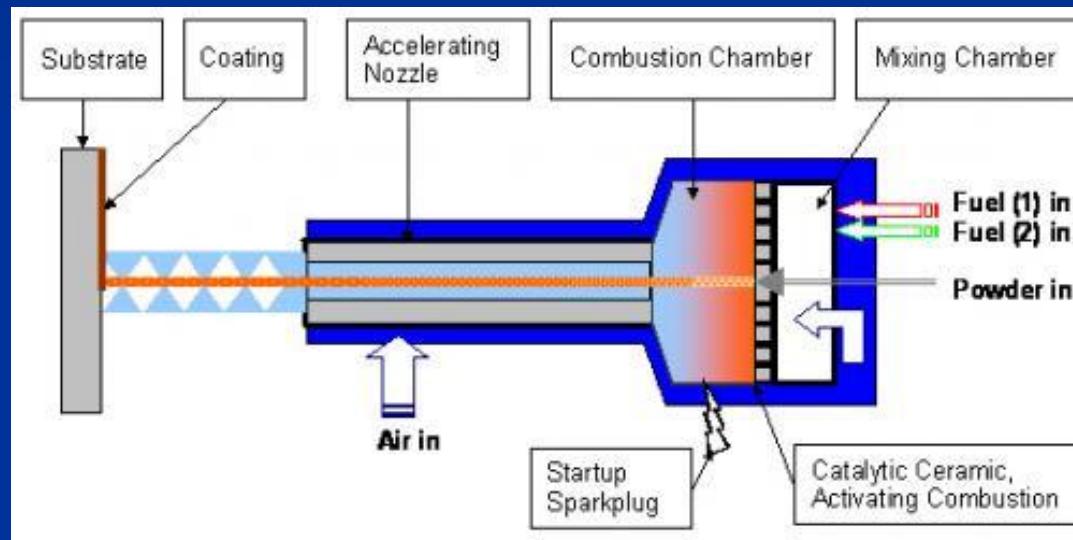
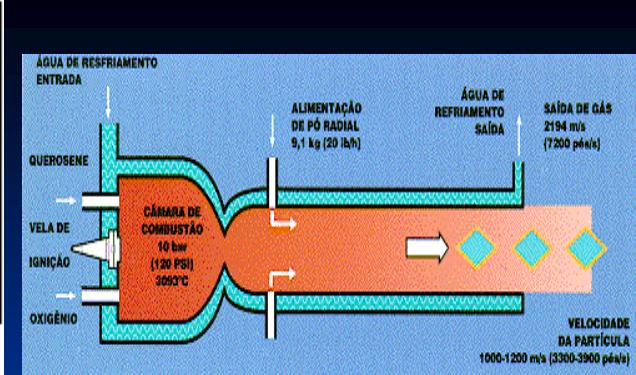
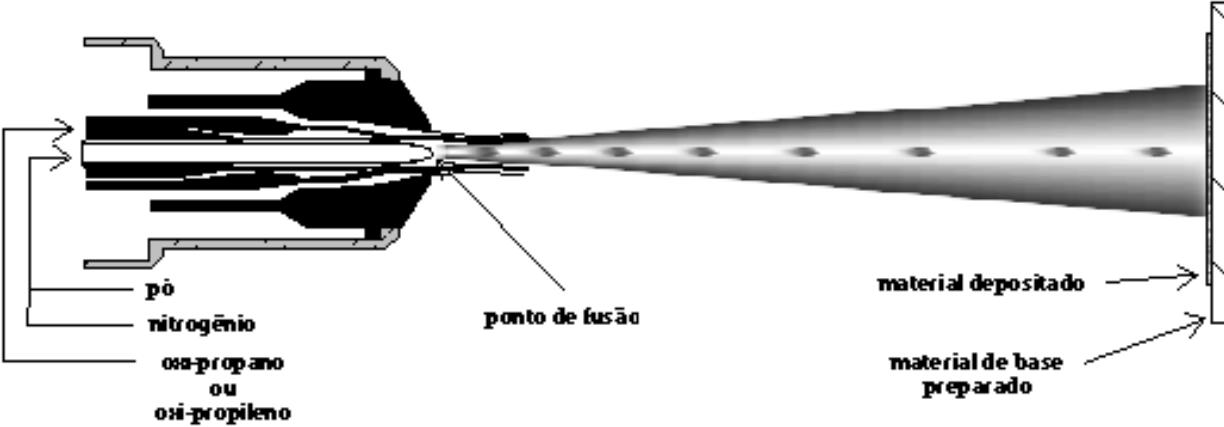




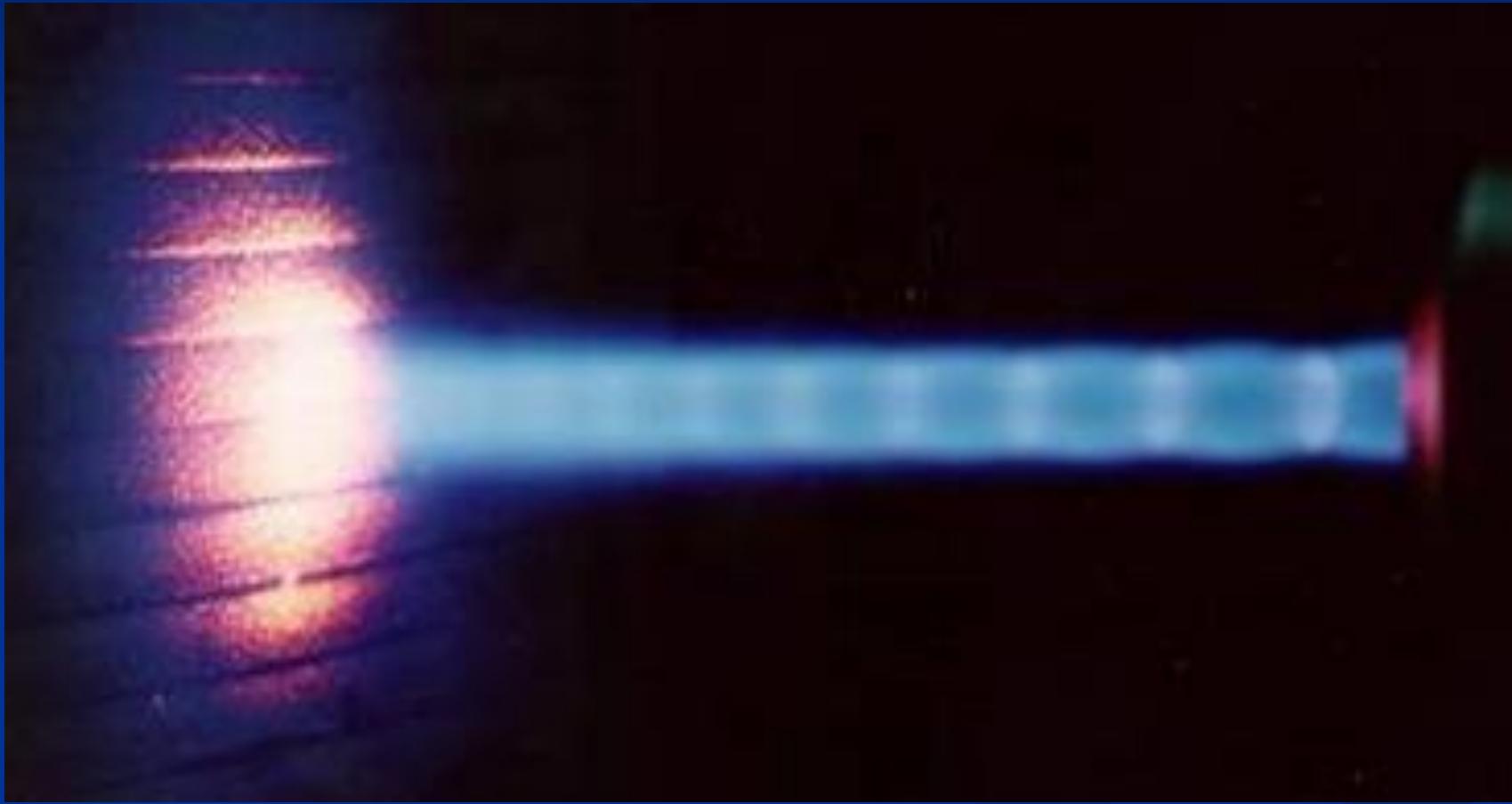
Processo a chama de alta velocidade - HVOF (High Velocity Oxi-Fuel)



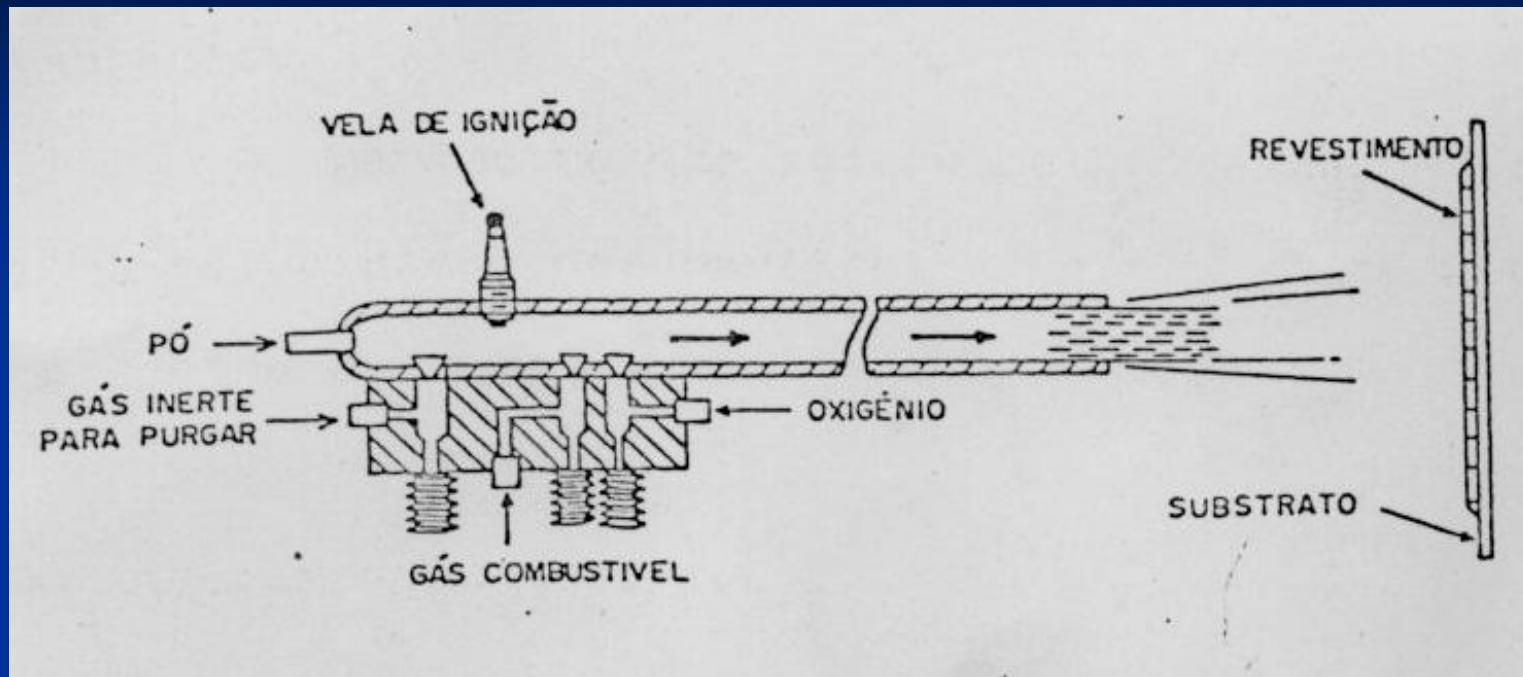
Este processo é mais moderno que os anteriores, o calor gerado na combustão utiliza uma mistura de oxigênio com gases combustíveis (propileno, propano ou kerosene), a chama atinge temperaturas na faixa entre 2700 e 3100 °C.



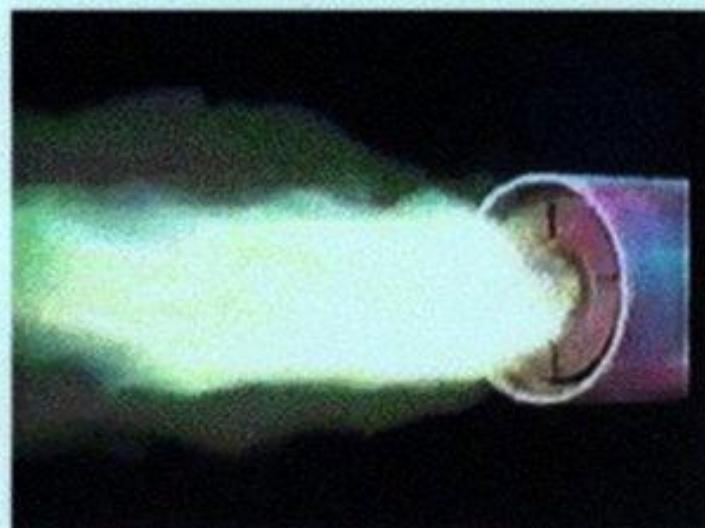
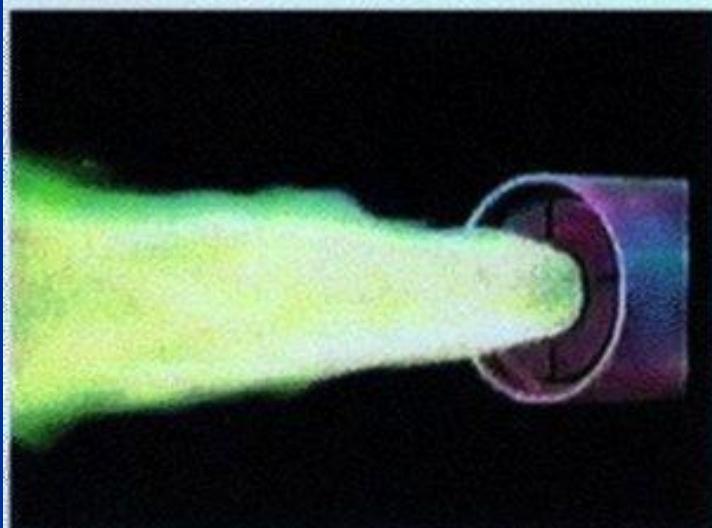
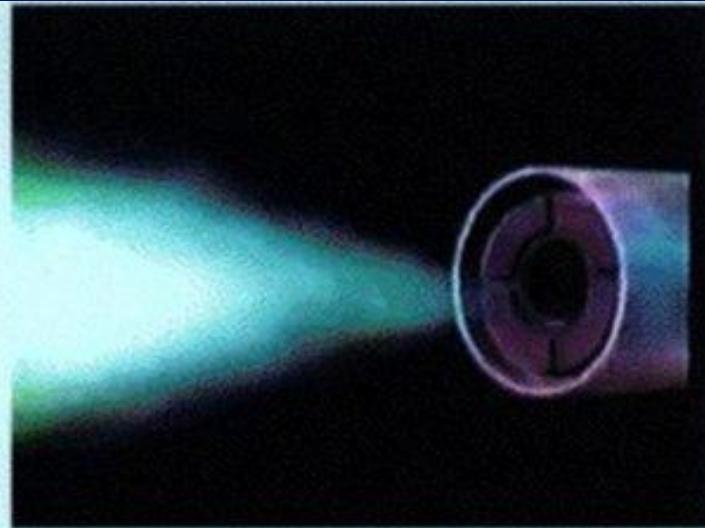
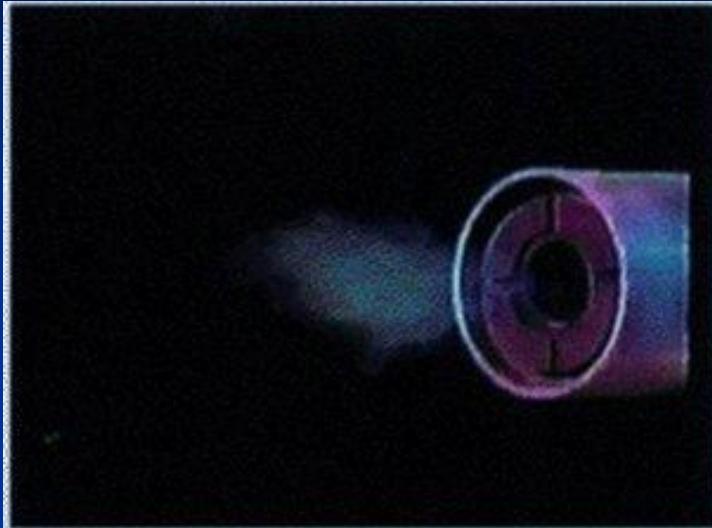
Hvof.wmv



Processo por Detonação

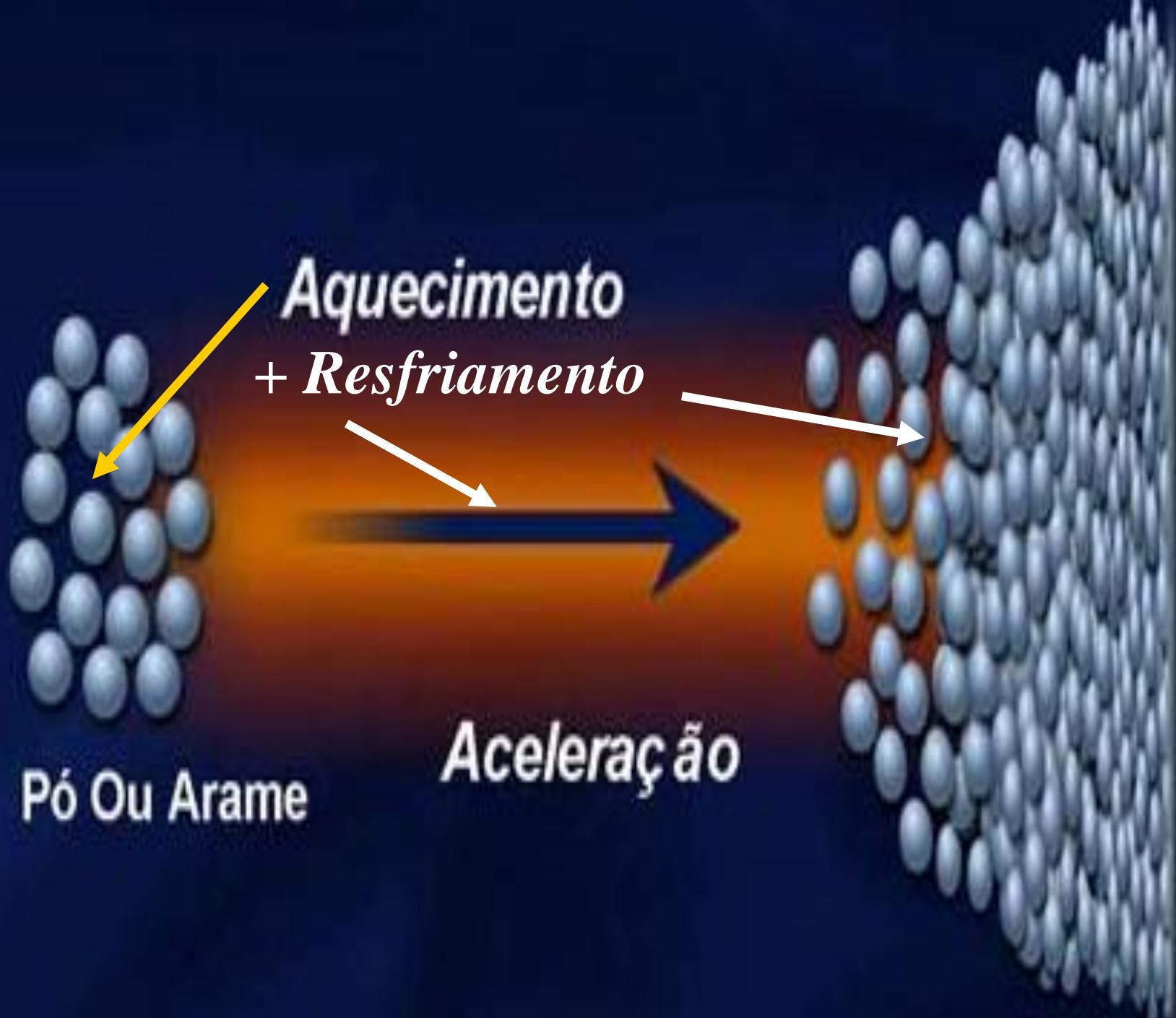


Neste processo utiliza-se a energia da explosão de uma mistura oxiacetilênica que aquece e impele o material, sempre sob forma de pó, de encontro à superfície do substrato a ser revestido. As camadas resultantes deste processo são extremamente duras, densas e firmemente aderidas ao material de base.



Parâmetros dos Processos de AT Convencionais

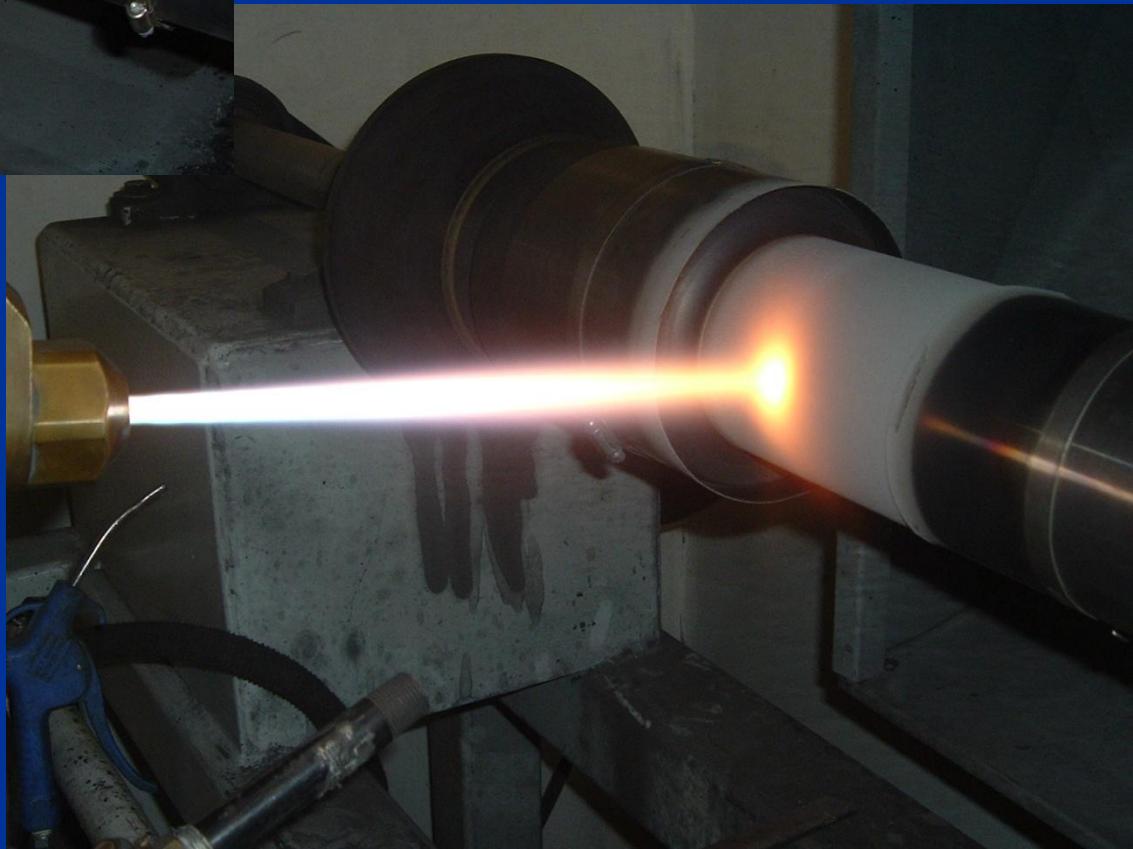
Processo → Parâmetros ↓	FS [pó]	FS [arame]	HVOF [pó]	Detonação	ASP [arame]
Temperatura Chama/Arco [°C]	2200/3200	2800/3200	2700/3100	3900	4000/6000
Veloc. Transferência [m/s]	30-150	100-250	400-1200 Até 5000	910	100-350
Atmosfera da Chama/Arco	CO,CO ₂ , H ₂ O	N ₂ , CO, CO ₂ , H ₂ O	N ₂ , CO, CO ₂ , H ₂ O	N ₂ , CO, CO ₂ , H ₂ O	N ₂ , O ₂
Teor de Óxidos [%]	0,4 – 10	0,4 – 10	1 - 5	1-5	2,5 - 15
Porosidade [%]	05 - 15	05 - 15	<3	<3	2 - 15
Aderência [MPa]	4 -20	4 - 20	>40	>40	10 - 36

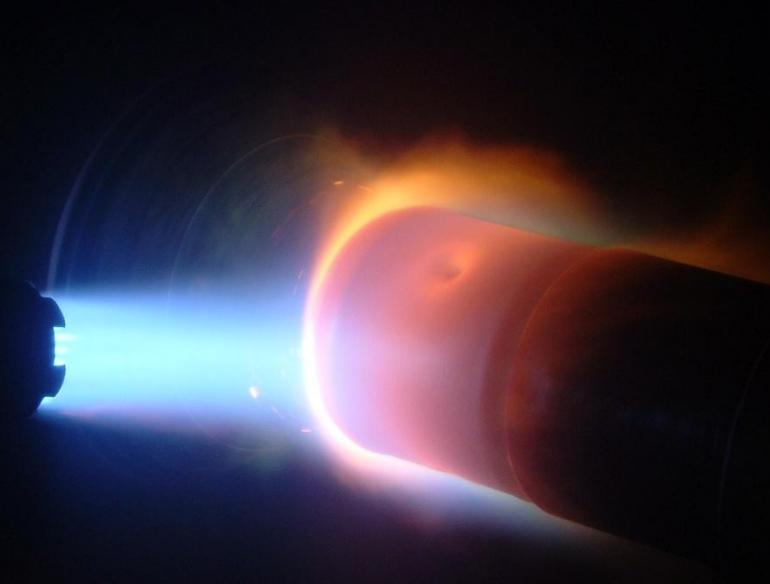


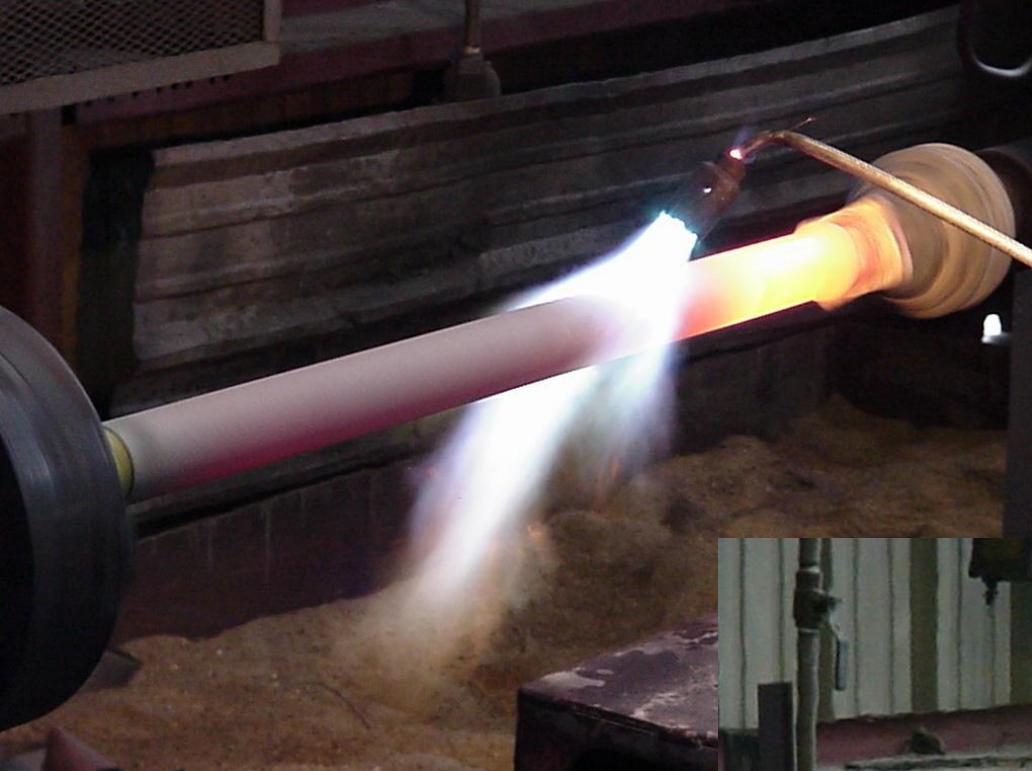
Pó Ou Arame

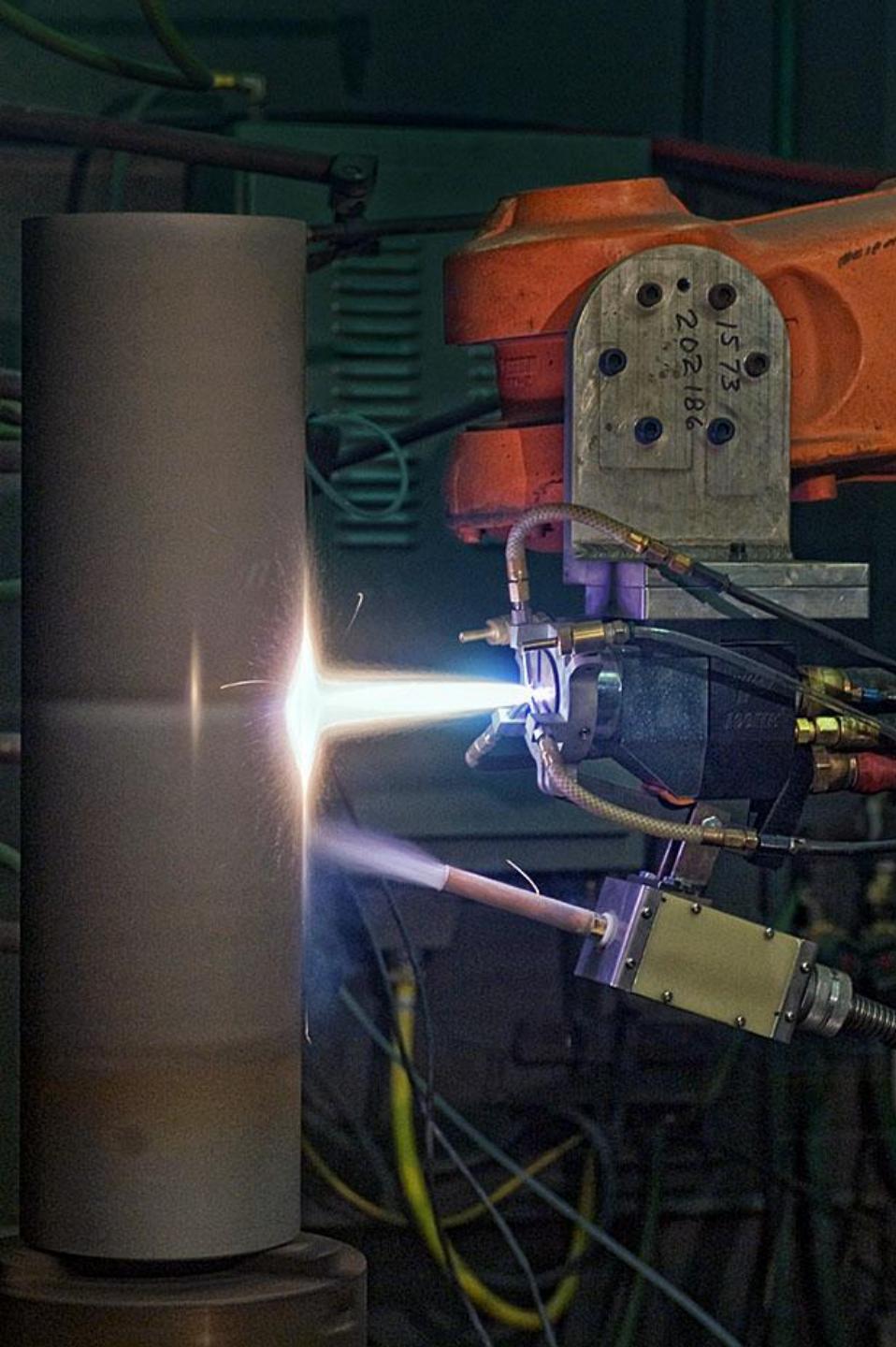
*Aquecimento
+ Resfriamento*

Aceleração

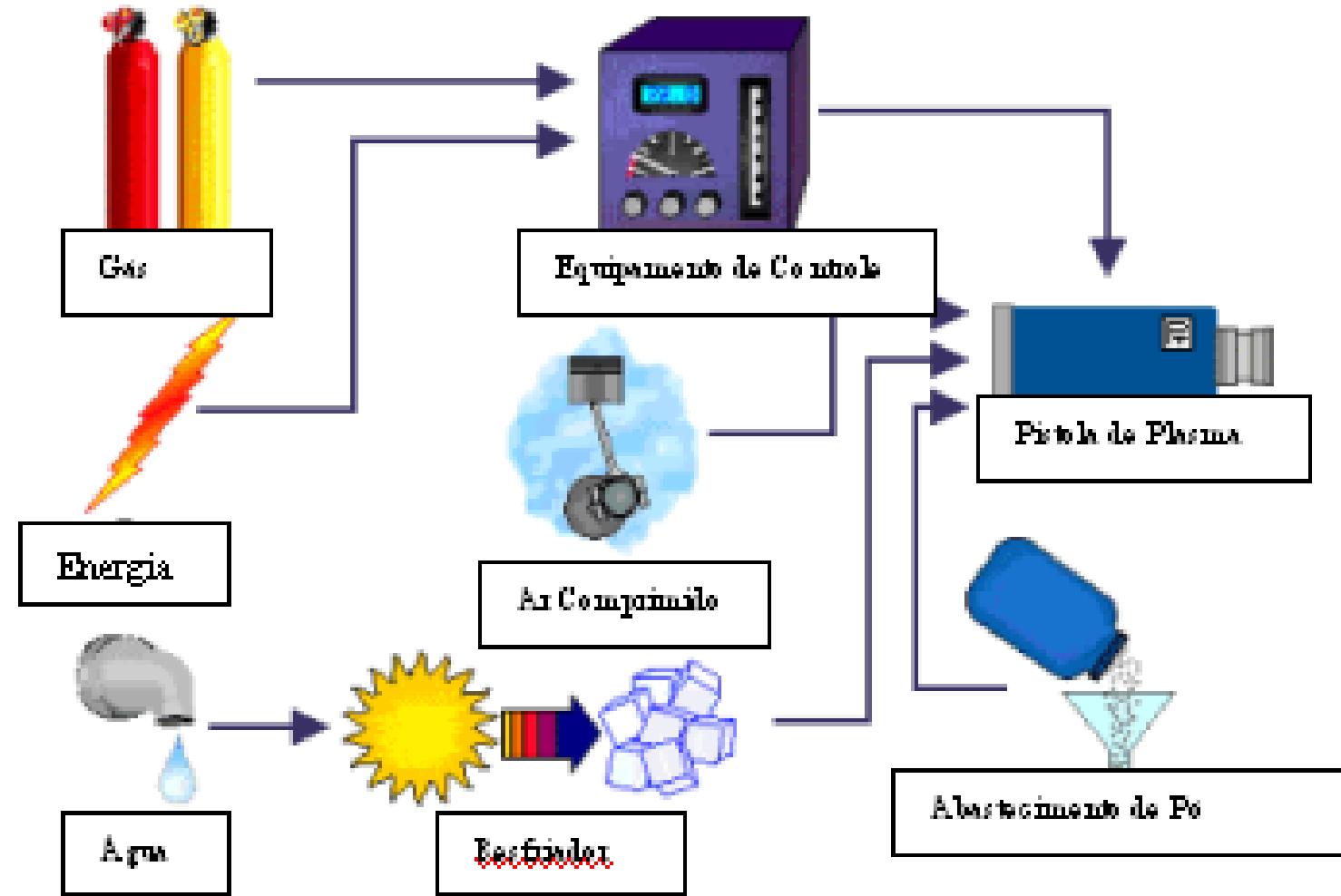


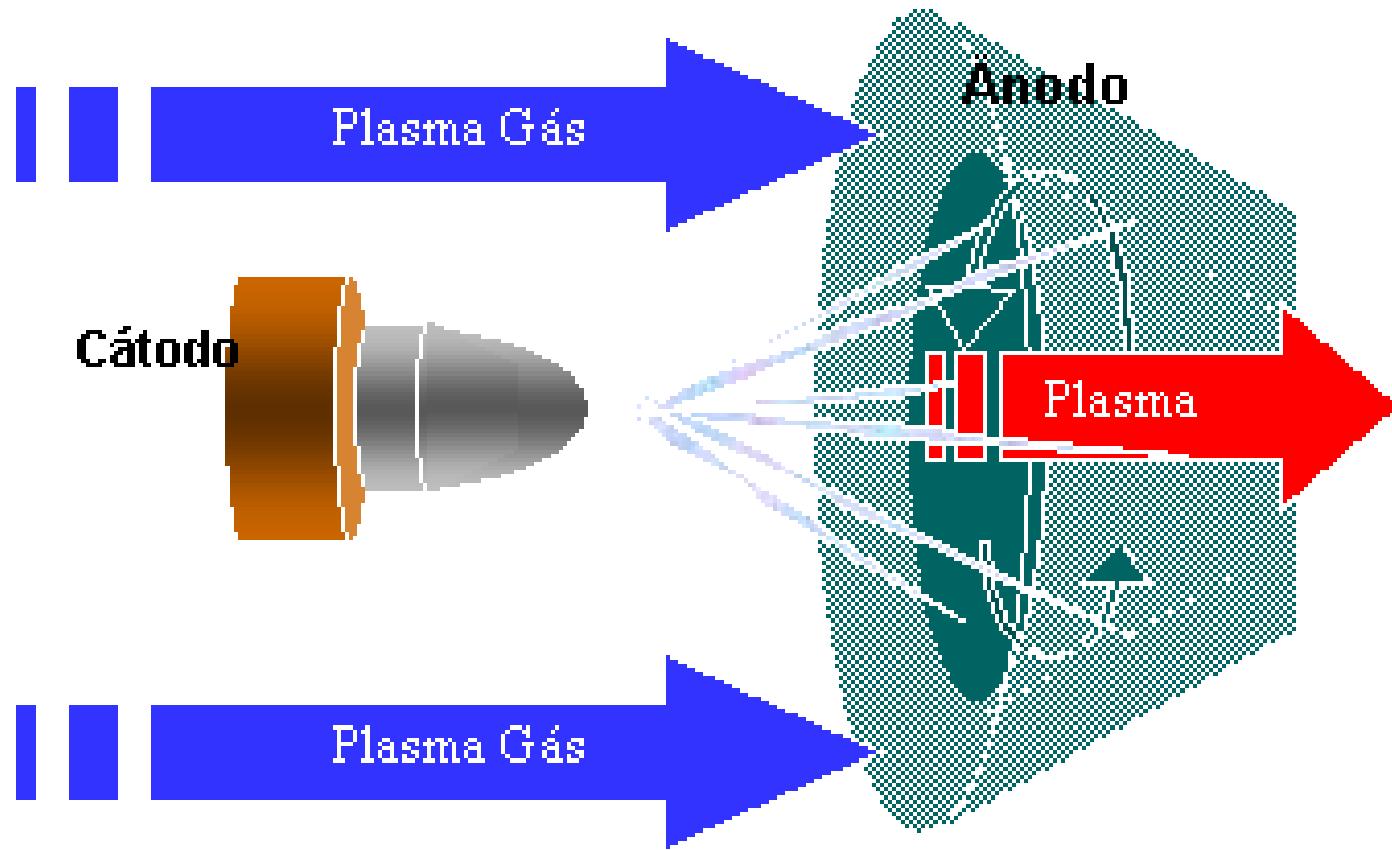




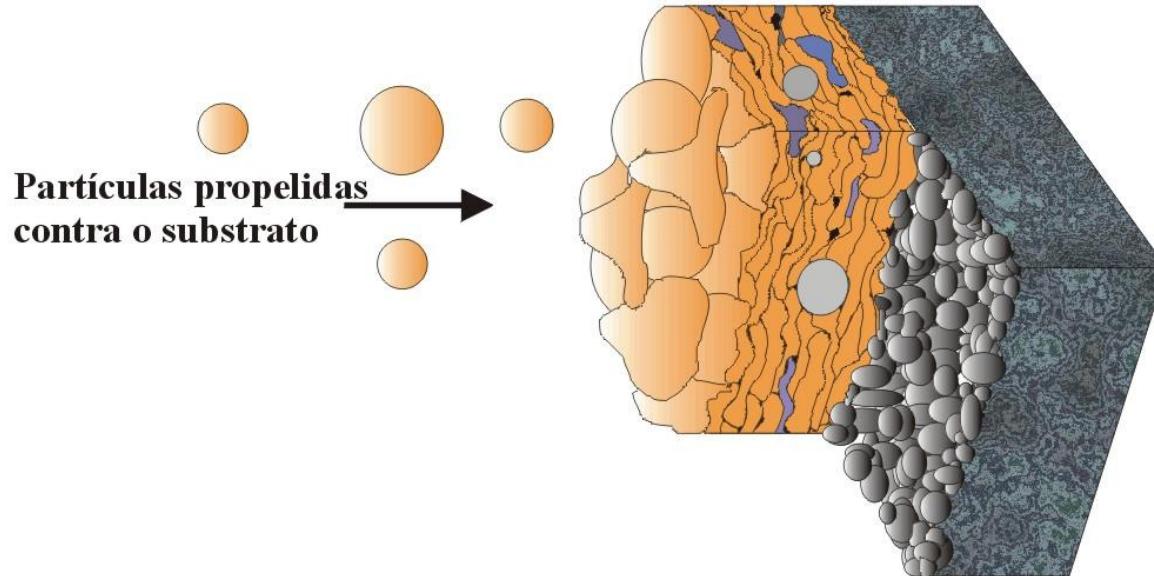
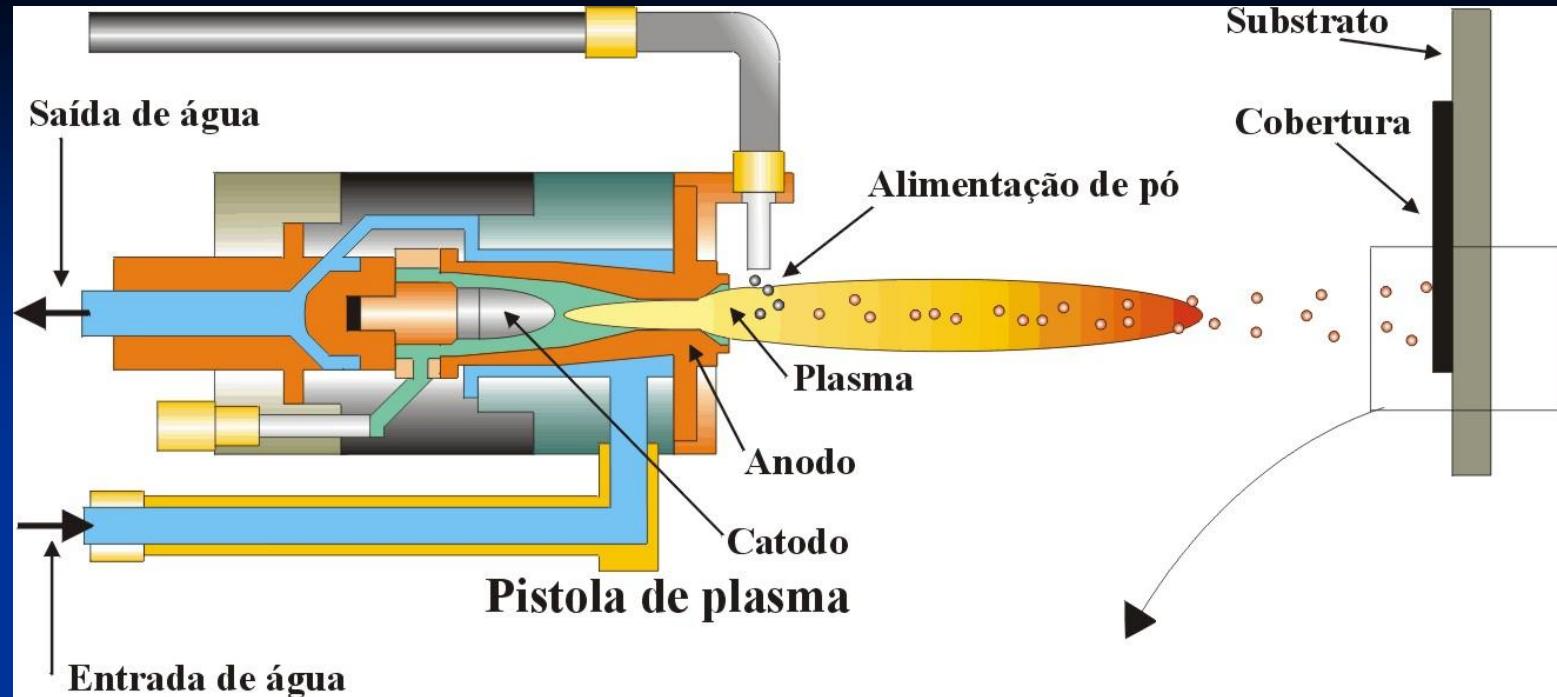


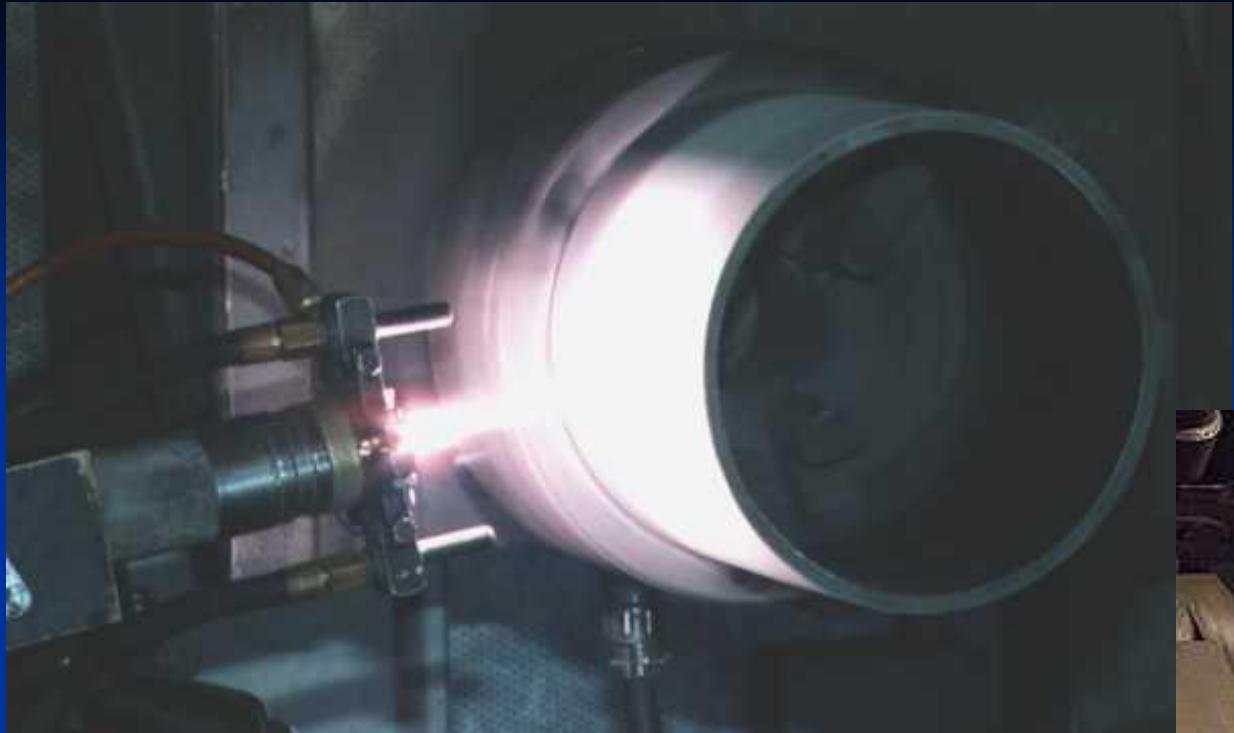
Aspersão Térmica Plasma Spray





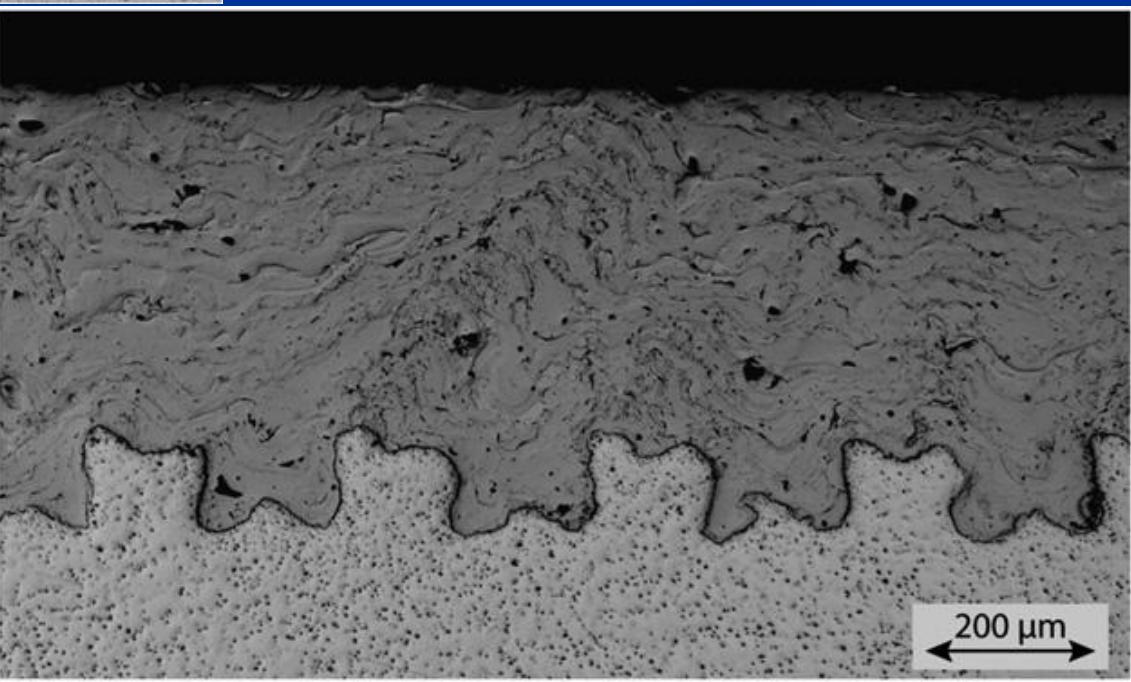
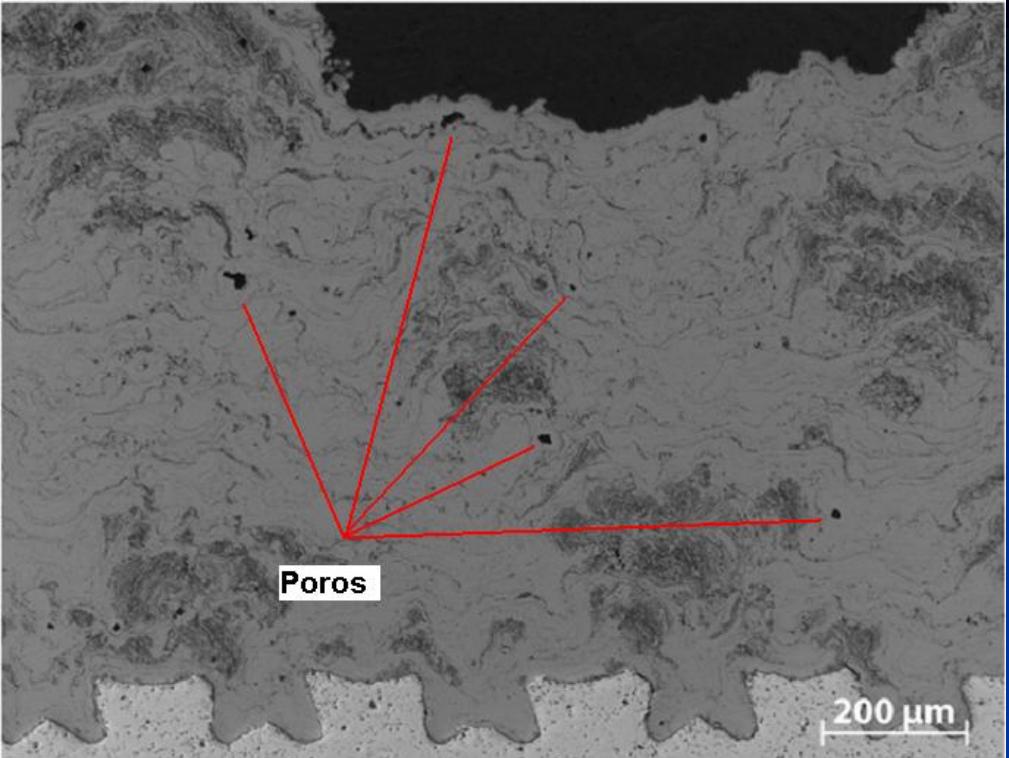
Esquema em corte de uma pistola para
aspersão térmica a plasma spray





Plasma.wmv





ASPERSAÇÃO TÉRMICA

ENERGIA ELÉTRICA

Plasma
(PS)

Arco Não
Transferido
(APS)

Pós

Arco
Elétrico
(AS)

Arco
Transferido
(PTA)

Pós e
Arames

COMBUSTÃO

Chama
(FS)

Arames, pós
varetas, cordão

Detonação
(D-Gun™)

Pós

Alta
Velocidade

(HVOF)

Pós

(HVCW)

Arames

INDUÇÃO ELÉTRICA

Cold Spray
(CS)

Pós



PROCESSO

- Projeção de partículas metálicas e não-metálicas contra um substrato;
- Utiliza gás aquecido (100°C a 600°C);
- Utiliza pressões de 15 a 35 bar;
- Velocidade Crítica;
- Tipos de Gases;
- Tipos de Bocais;
- Tamanhos de Partículas;
- Distância do Bocal ao Substrato

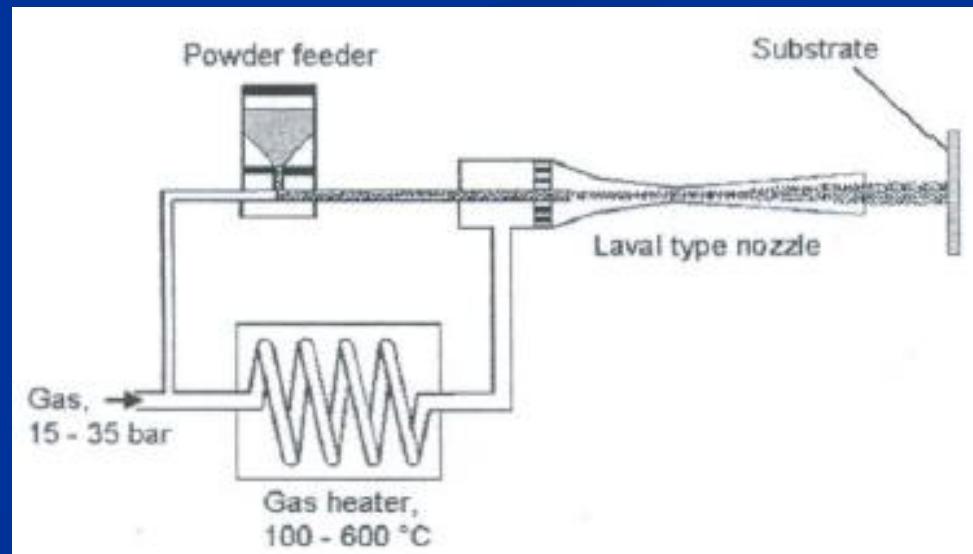
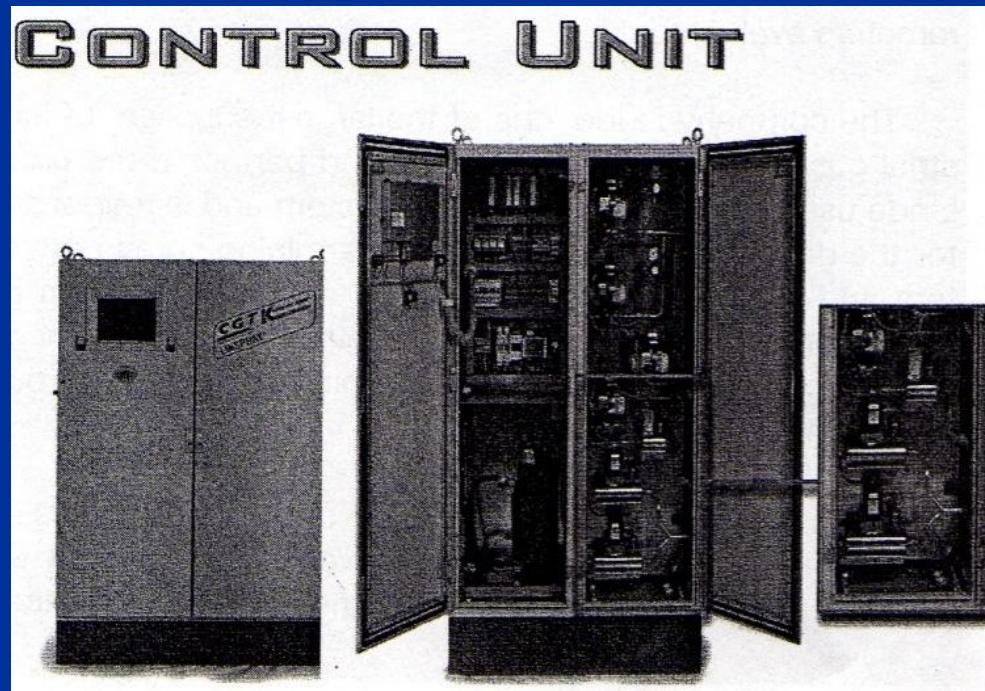


Abb. 1 Prinzip des Kaltgasspritzens.

Figure 1 Schematic of the cold spray process.

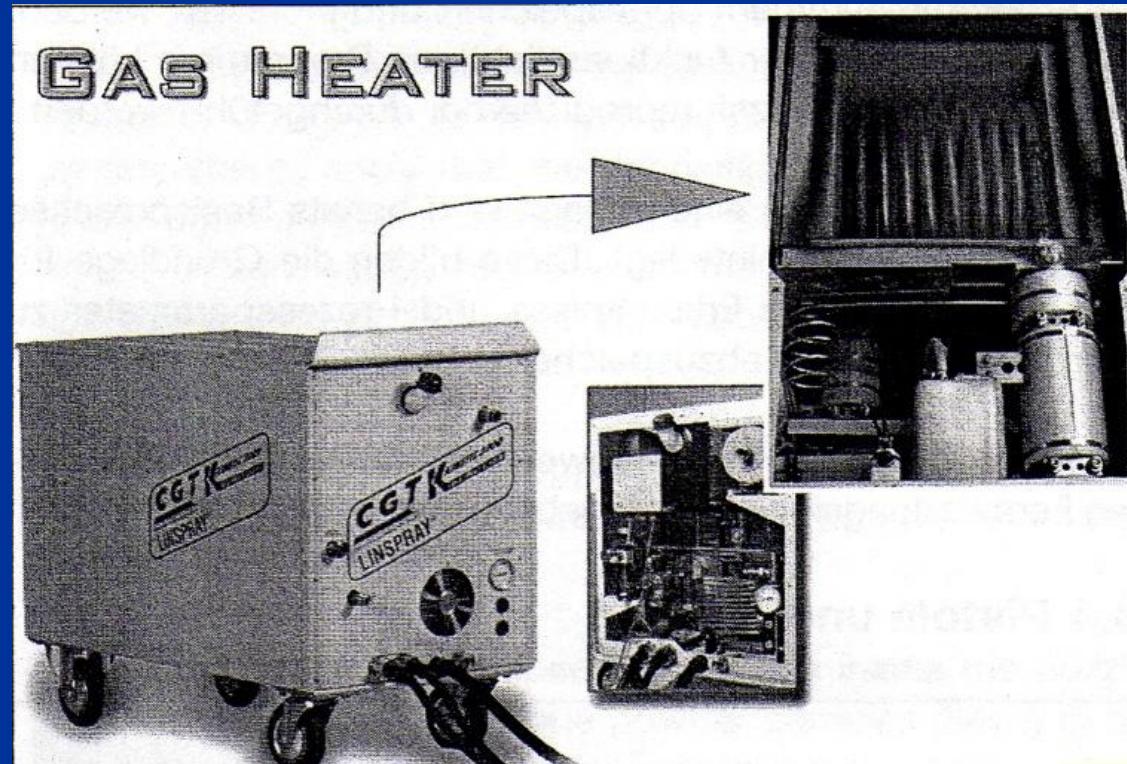
1 – Unidade de controle

- Todos os componentes elétricos
- Suprimento de gás e unidades reguladoras
- Mais de 20kW de potencia



2 – Aquecedor

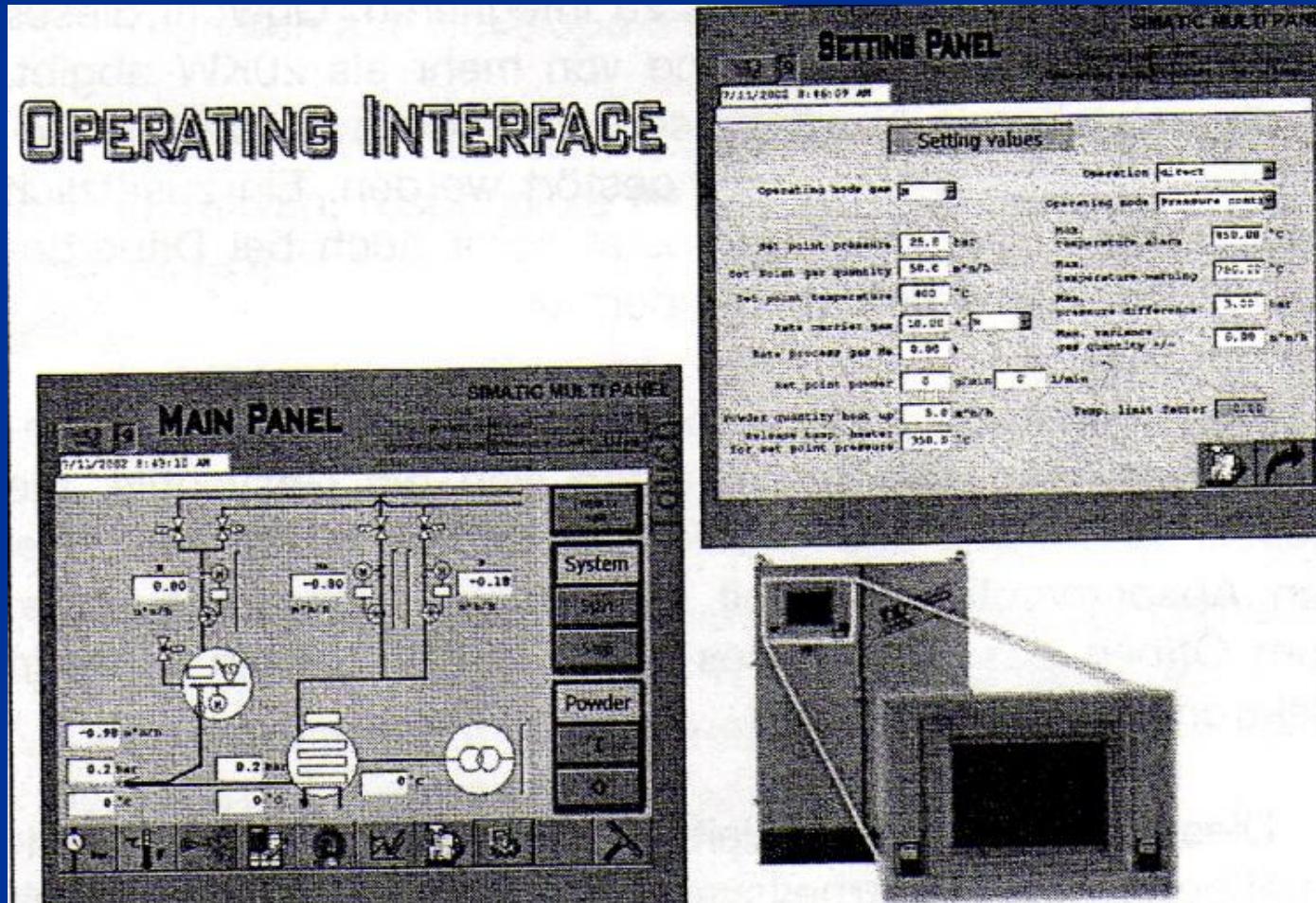
- 0 a 800°C em 1-2 minutos
- Resistência a 50 bar de pressão





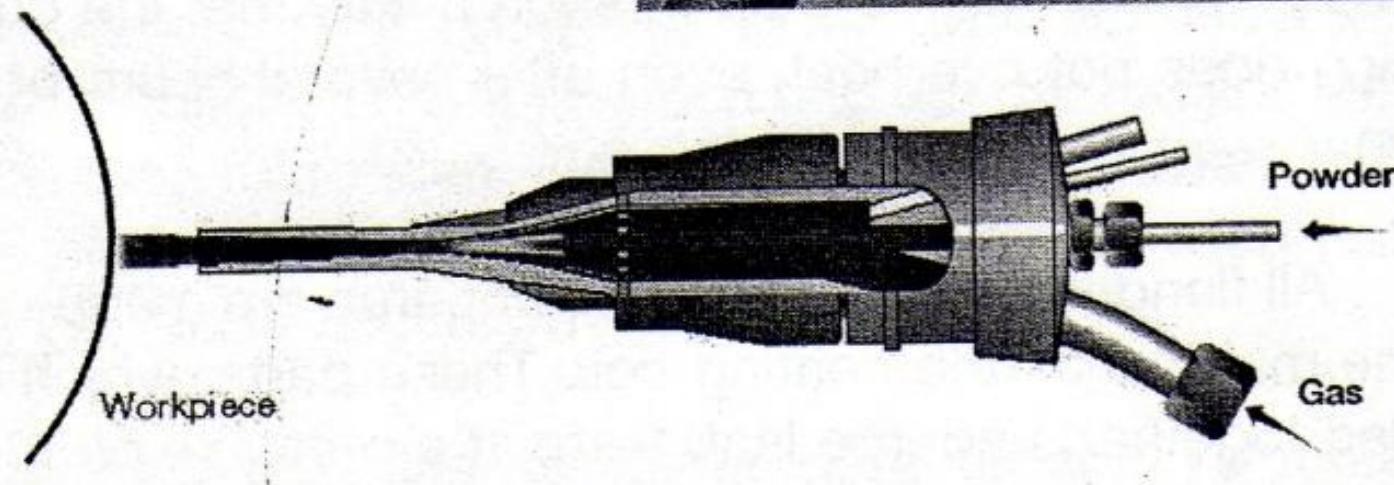
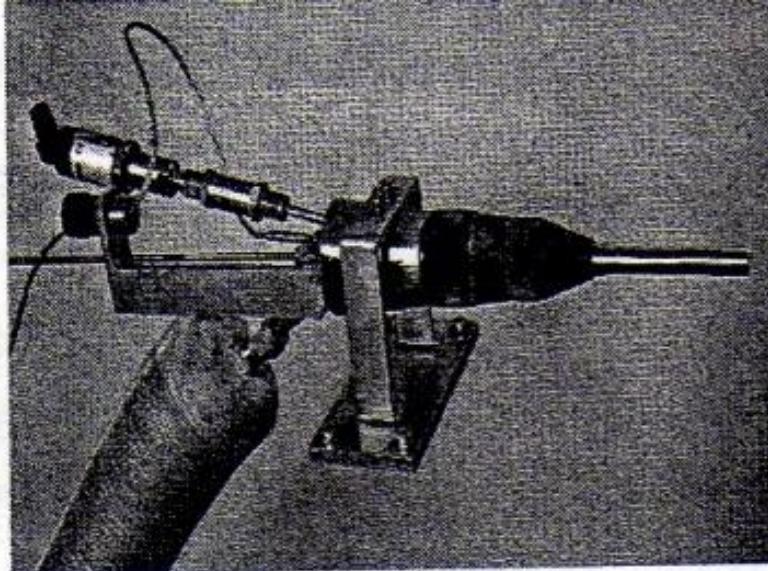
3 – Interface operacional

- Monitor “touchscreen” colorido de 12”



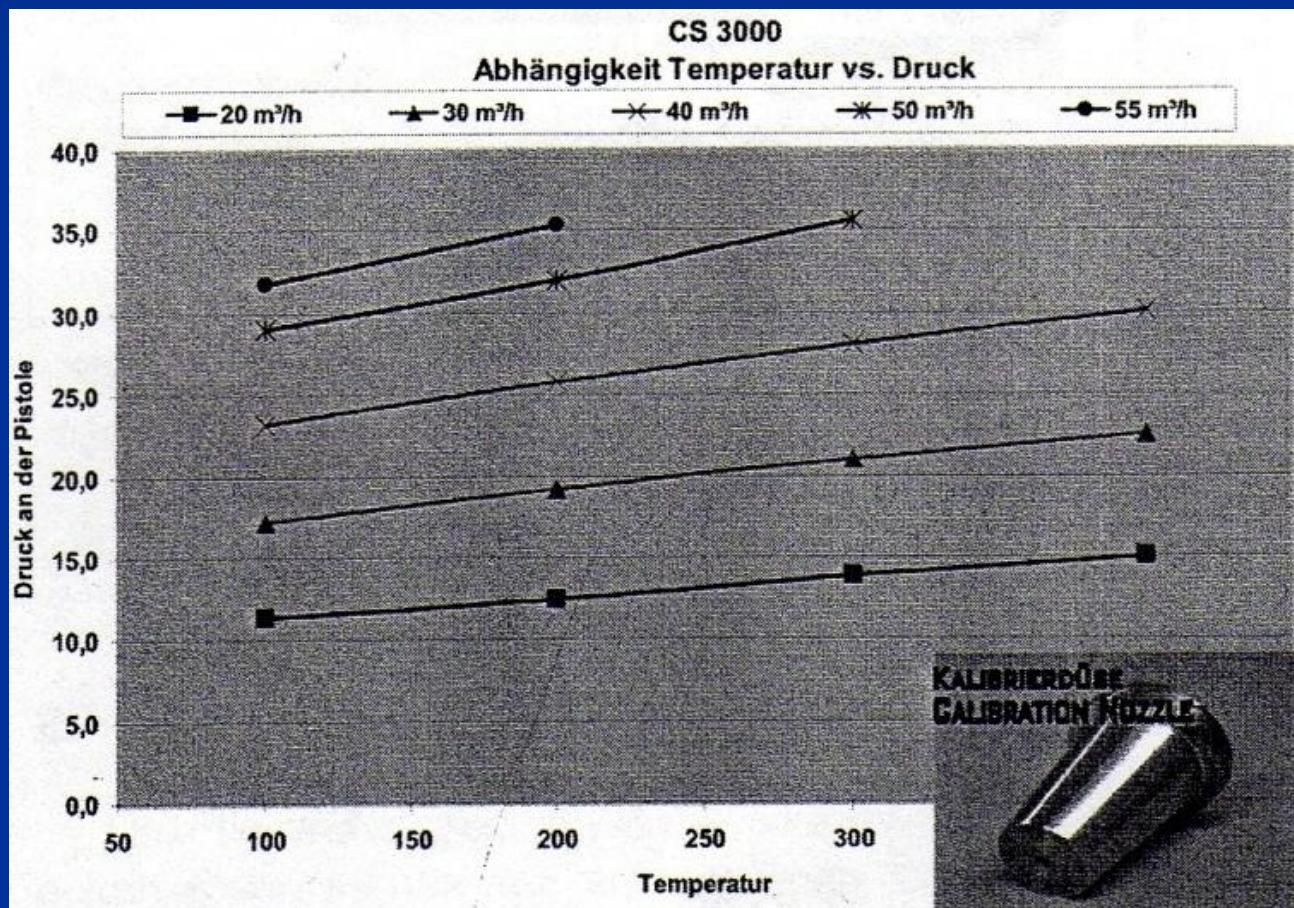
4 – Pistola e Bocal

COLD SPRAY NOZZLE



Pistola e Bocal

■ Bocal de calibração

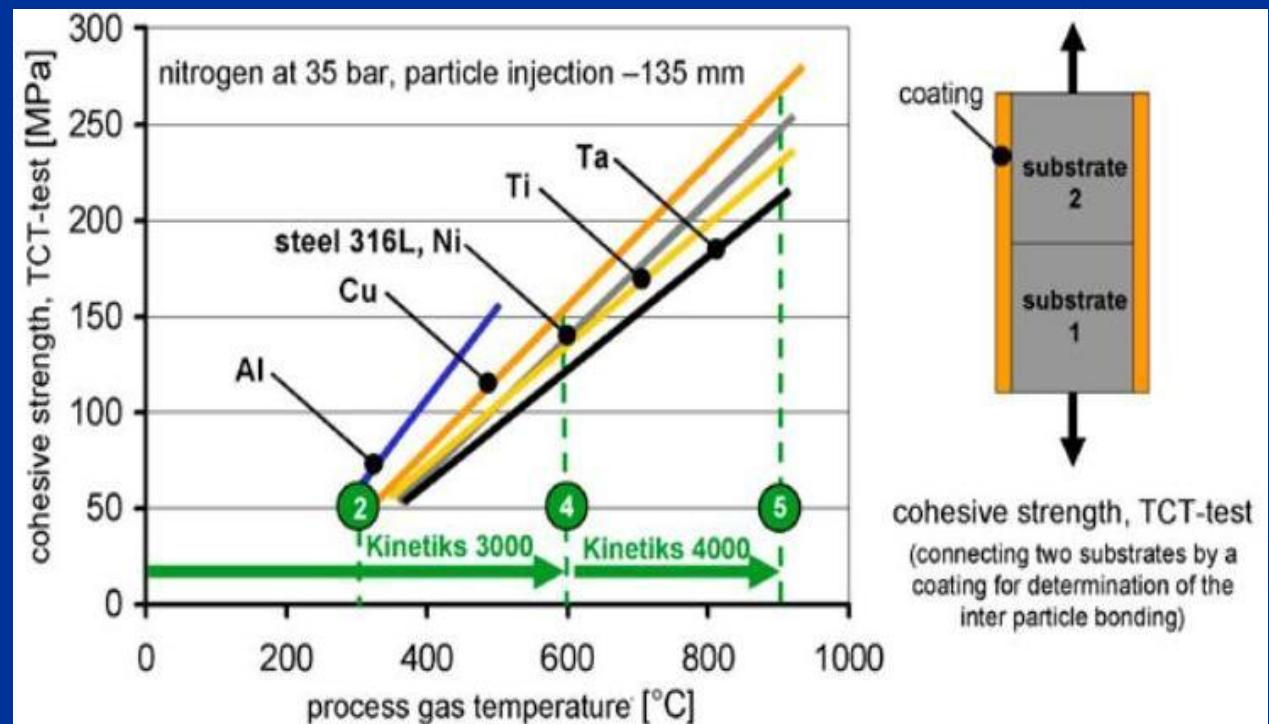


Pistola e Bocal

- Material a ser depositado e injetado na forma de pó
- Carboneto de Tungstênio
- Bocal especial para pó de cobre, aumentando de ate 85% a eficiência
- Um gás comprimido e aquecido, normalmente nitrogênio ou Helio, ou ainda uma mistura entre eles

O REVESTIMENTO

- Eficiência da deposição em mais de 90%.
- Baixa carga térmica (substrato 50 - 250°C, material de spray 50 - 900°C).
- Custo aproximado 50 - 150 €/h. Taxa de deposição 15kg/h.
- Tensão residual no revestimento provocada pela deformação.
- Em geral boas propriedades mecânicas.



Ensaio de tração.
Verificação da
coesividade do
revestimento aplicado.

Linha de tendência, ensaio de resistência do revestimento (ensaio TCT).

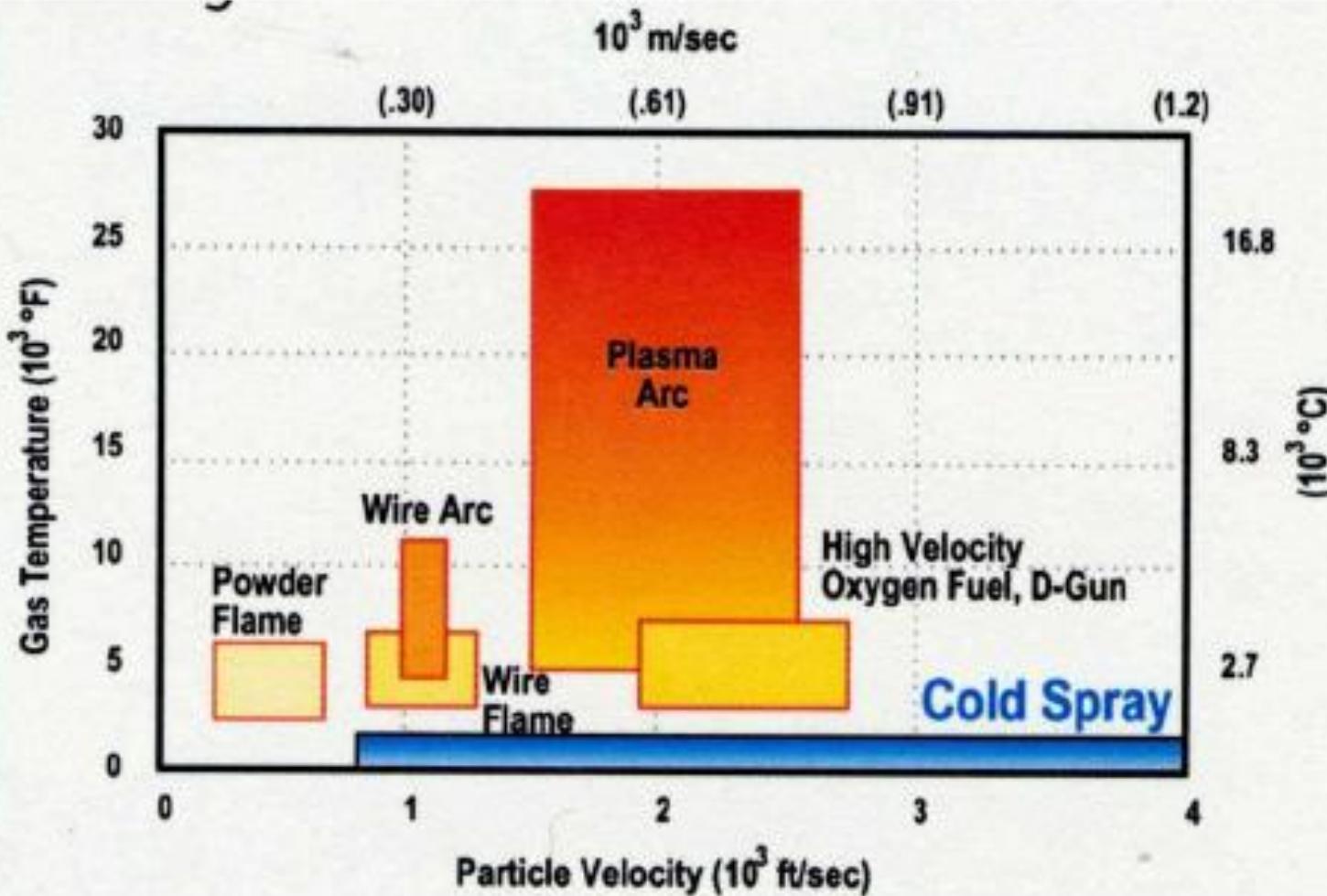


Precision coating videos 1.mpeg



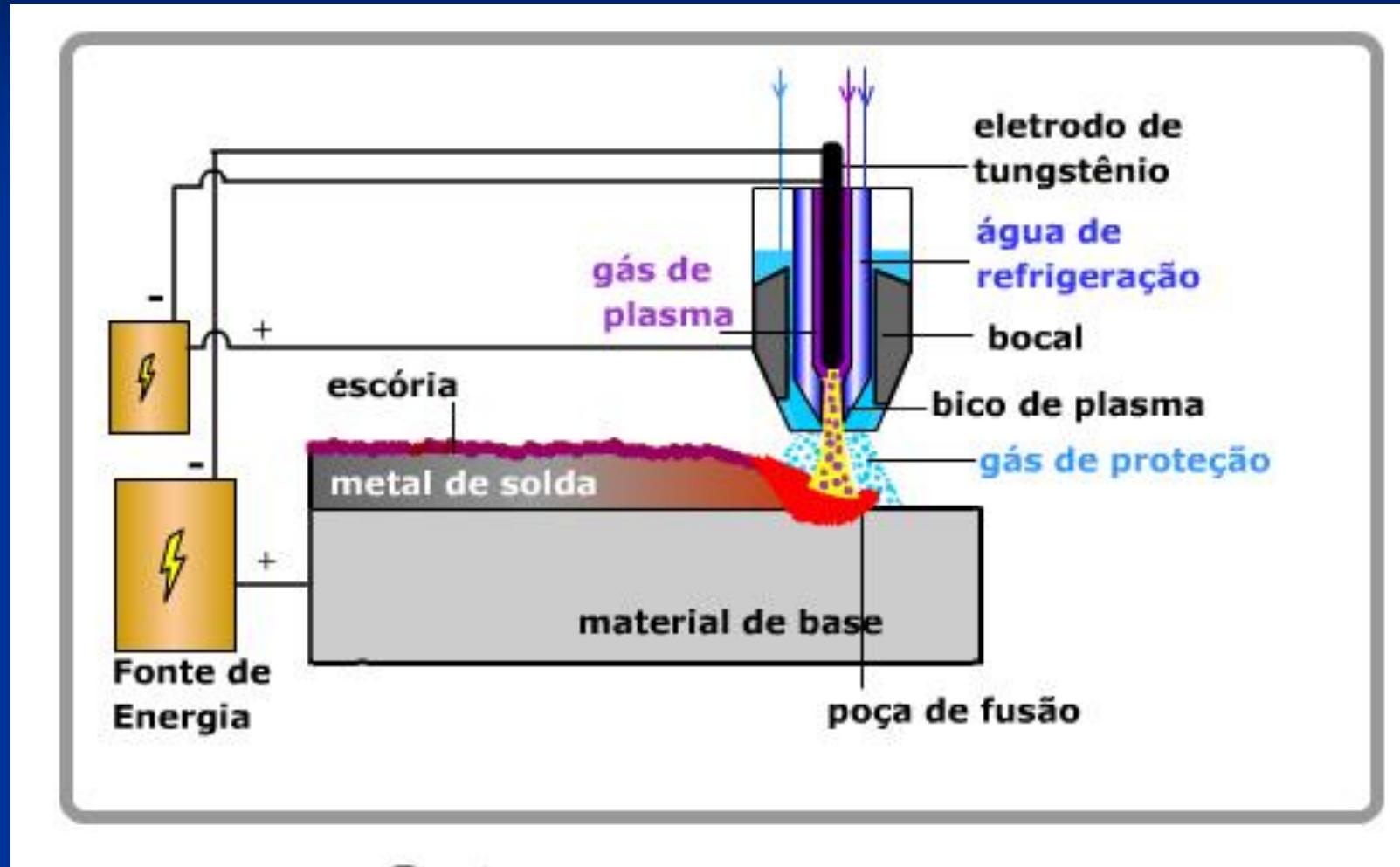
Precision coating videos 3.mpeg

Cold Spray vs. Thermal Spray

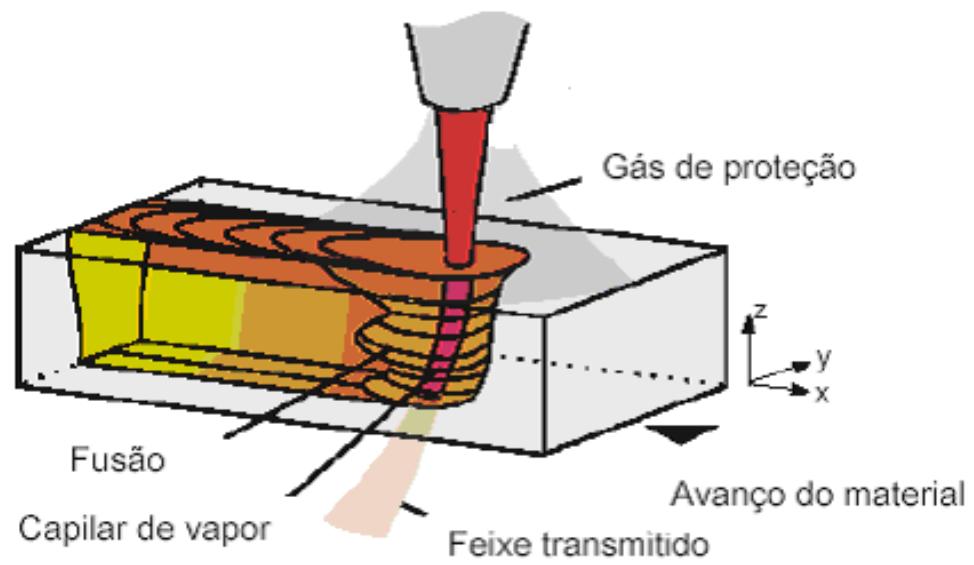
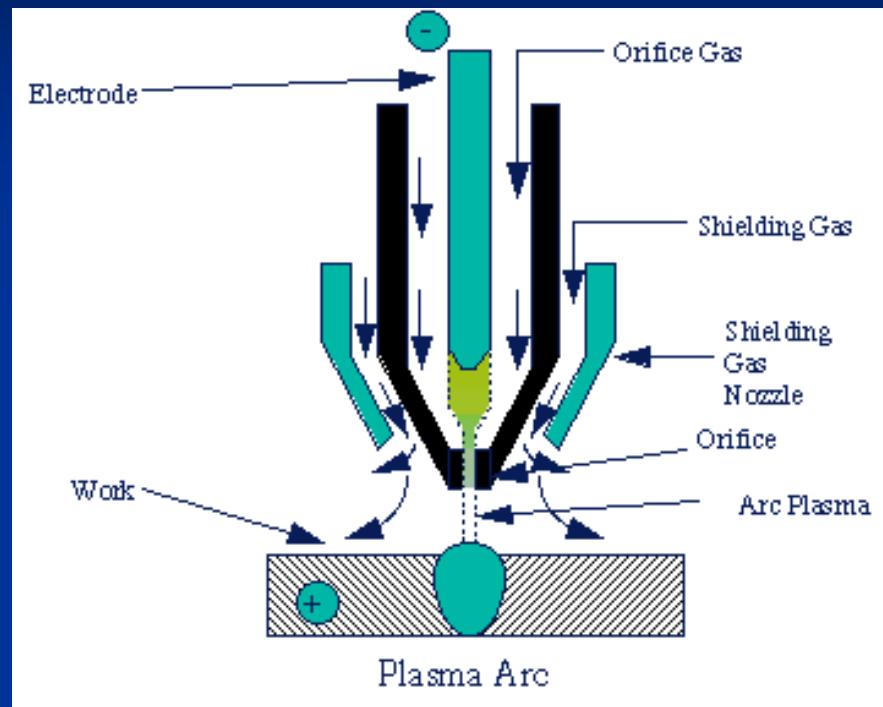


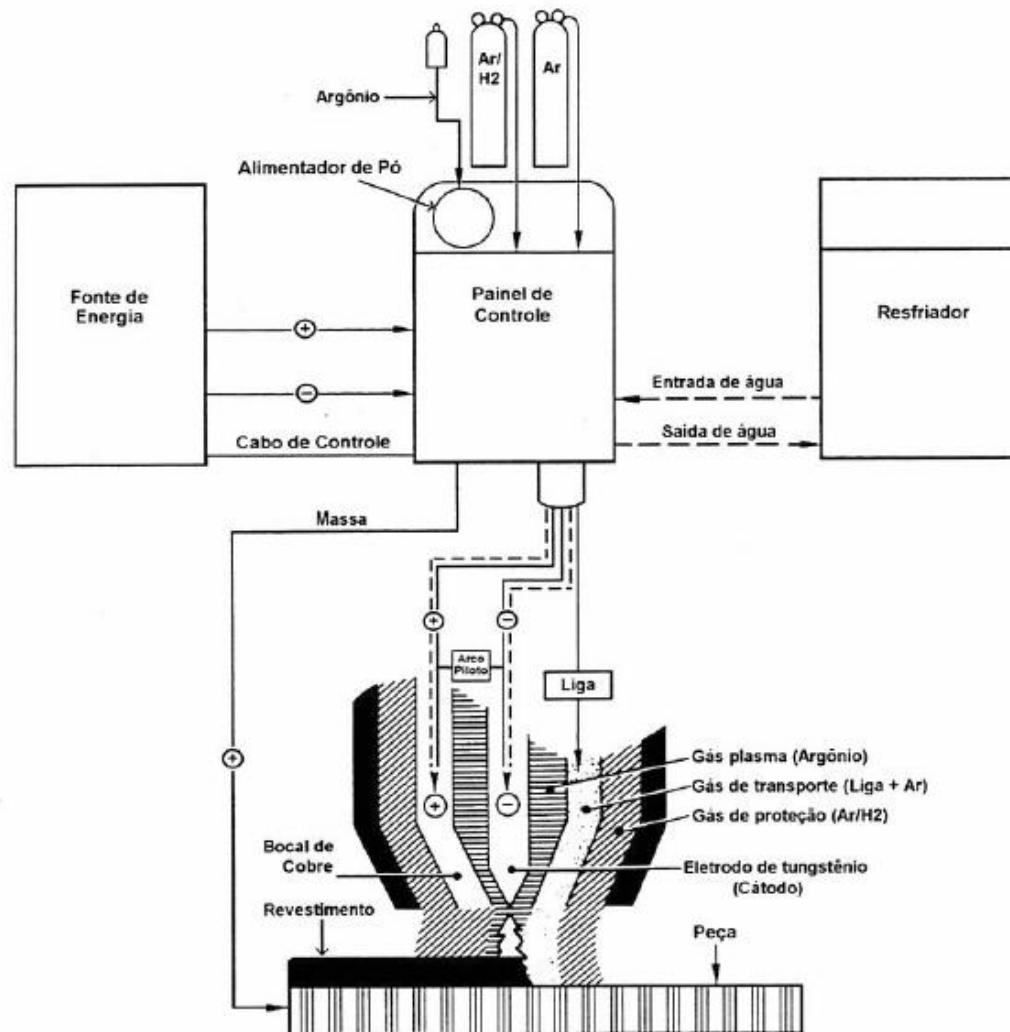
Comparison of thermal spray and cold spray particle velocity and gas temperature.

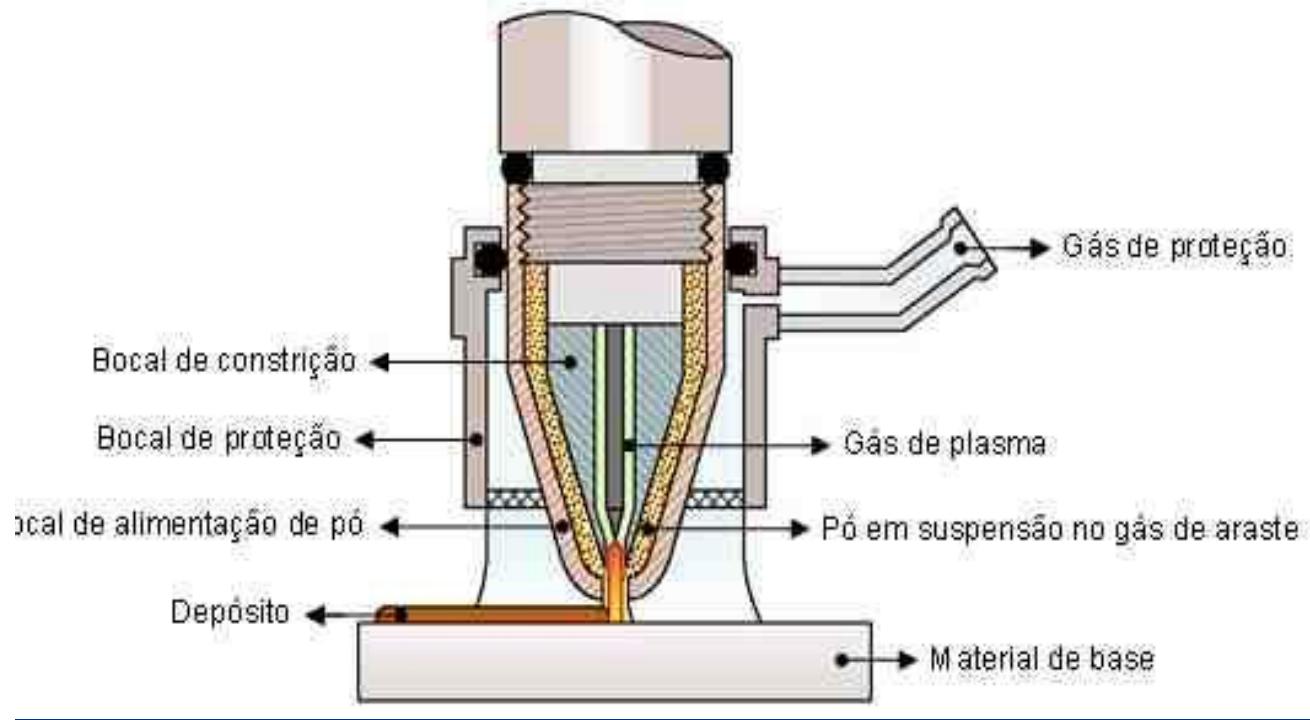
Processo Plasma PTA



Processo Plasma PTA

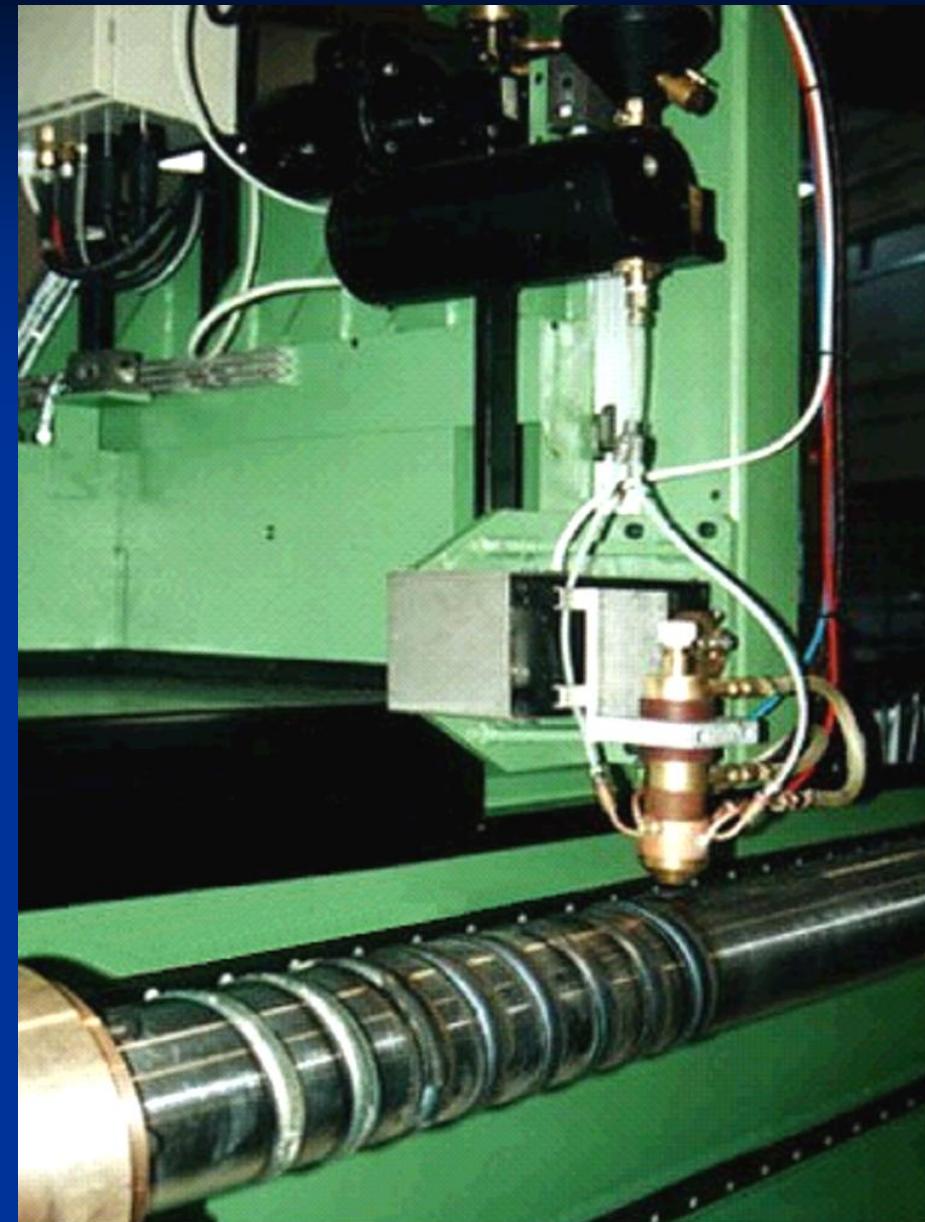


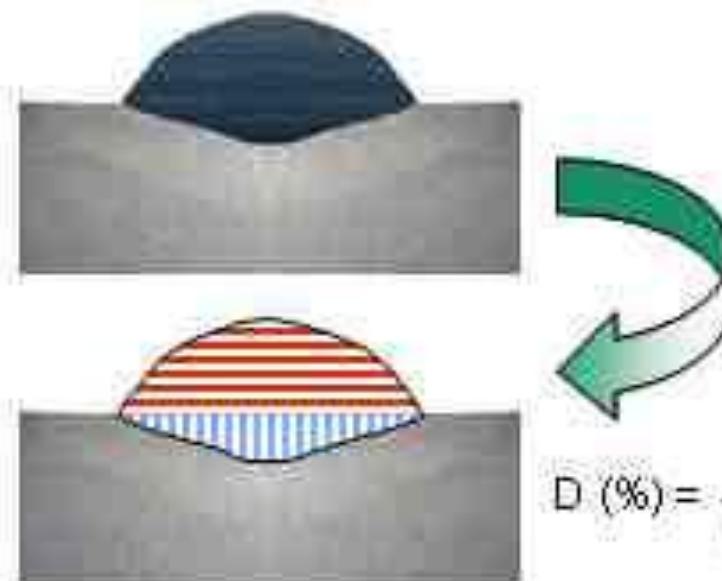












Área depositada (A_d)



Área penetrada (A_p)

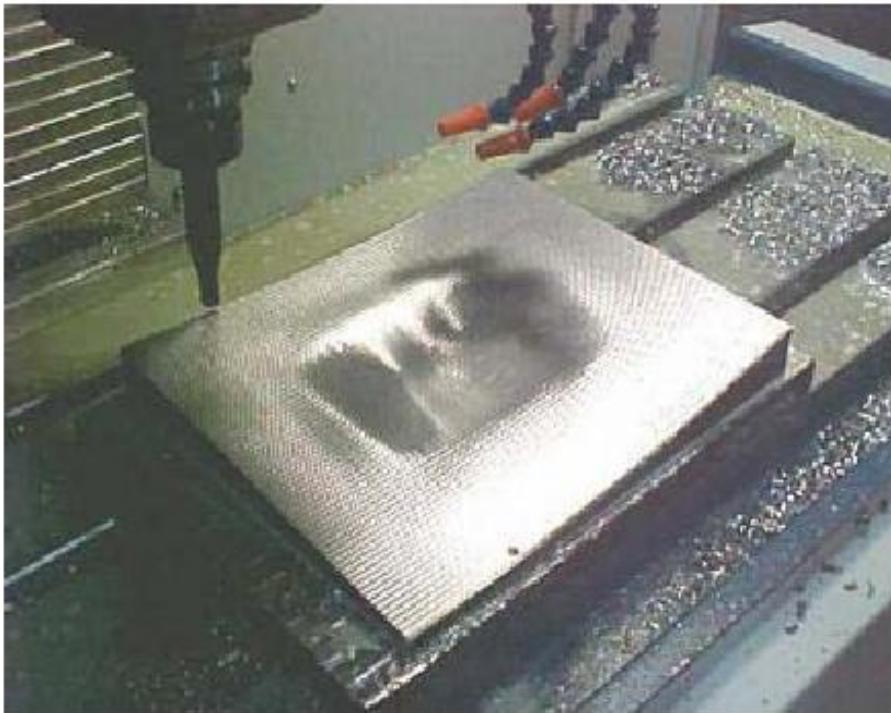


Material de base



$$D (\%) = \frac{A_p}{(A_p + A_d)} \cdot 100$$



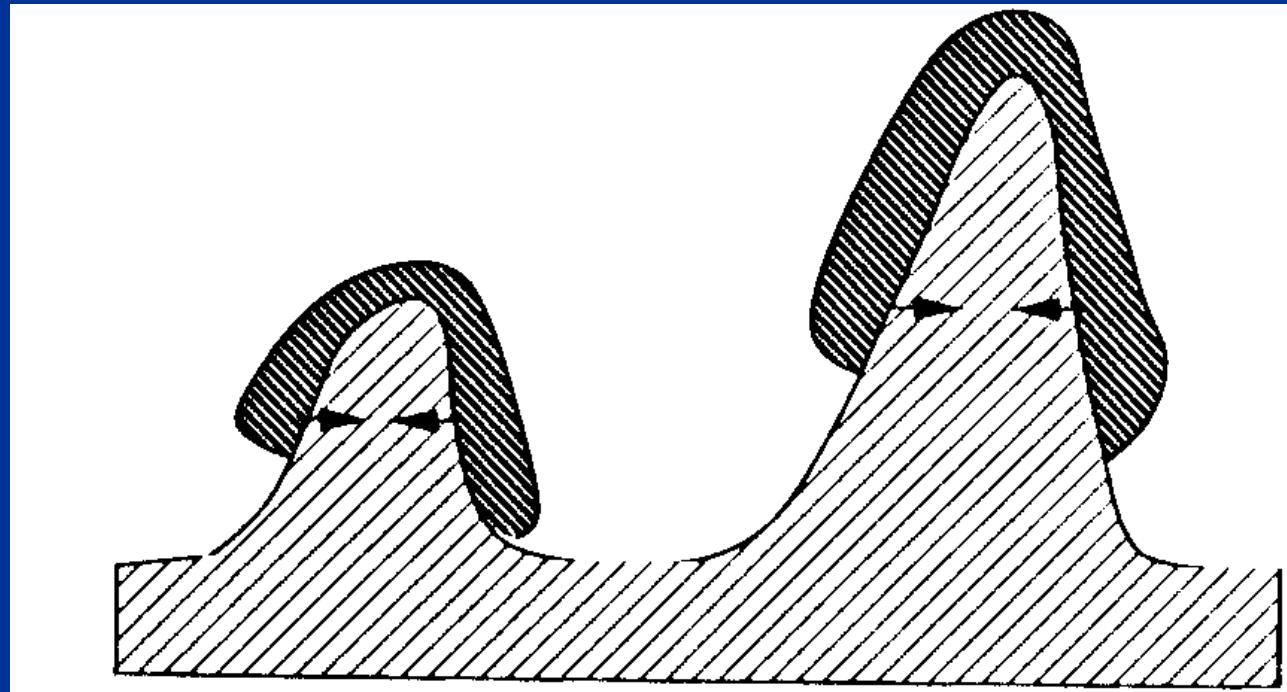




Principais características e propriedades dos revestimentos depositados por AT

Os revestimentos depositados pelos processos de AT apresentam diferentes propriedades e ciclos de vida variados, segundo o processo de AT e do procedimento de aplicação utilizado. Esta variação dificulta a comparação de resultados e as características desejadas somente podem ser obtidas, com um projeto específico tanto no que se refere ao material utilizado quanto ao processo selecionado para atender a uma determinada finalidade.

A análise da aderência do revestimento normalmente considera três mecanismos fundamentais, de acordo com a natureza das forças atuantes: *ancoramento mecânico, químico-metalúrgico e físico*. A aderência é, pois, uma combinação destes três mecanismos. Quando do impacto das partículas aquecidas e aceleradas contra o substrato, essas se achatam numa forma lenticular, resfriam-se rapidamente e ancoram-se **mecanicamente** nas irregularidades da superfície, como mostra a figura



Aquecimento
+ *Resfriamento*

Pó Ou Arame

Aceleração

PROPRIEDADES SUPERFICIAIS QUE DEVEM DE TER OS MATERIAIS EM FUNÇÃO DO TIPO DE DESGASTE OU MEIO CORROSIVO.

O deterioro do material de um componente metálico pode variar notavelmente, de muito intenso a insignificante. Em qualquer caso, pode significar uma perda de eficiência e ou inutilizar completamente um componente ou sistema.

Os materiais submetidos a desgaste podem ser recuperados através de varias técnicas com bastante êxito. Porem, é preciso ter uma avaliação real de que mecanismo de desgaste esta atuando segundo o meio de trabalho.

Segundo os diferentes tipos de desgaste industrial temos:

Por Abrasão; Impacto; Fricção/Adesão; Corrosão; Calor; Erosão; Cavitação.

Na tabela 1 observaremos as propriedades que devem de ter as superfícies metálicas quando submetidas a diferente meio de desgaste e ou corrosão e na tabela 2, pode -se analisar o tipo de desgaste por abrasão.

Tabela 1. Propriedades superficiais que devem de ter os materiais em função do desgaste e ou corrosão.

Desgaste/Corrosão	Propriedades da superfície
ABRASAO	
- De baixo esforço →	- Dureza
- De elevado esforço →	- Elevado limite elástico e tenacidade
- Com desgarramento →	- Tenacidade
IMPACTO →	- Tenacidade
FRICCAO/ADESAO →	- Elevado polimento e utilização de metais indissoluíveis
EROSAO	
$\alpha \rightarrow 0^\circ$ →	- Dureza
$\alpha \rightarrow 90^\circ$ →	- Tenacidade
CORROSÃO →	- Película passivadora ou barreira
→	- Ânodos de sacrifício
CALOR →	- Película refatânea (óxidos estáveis)
CAVITAÇÃO →	- Tenacidade e elevado polimento

Tabela 2. Analise do tipo de desgaste por abrasão.

TIPO DE DESGASTE	PROPRIEDADE DA SUPERFÍCIE
Abrasão de baixo esforço	Dureza
Na proteção de um material exposto a abrasão pura sem impacto elevado se utilizam revestimentos de elevada dureza e alta densidade do material depositado, que possua ademas bom acabamento superficial (polido), de tal forma de minimizar a resistência ao fluxo abrasivo sobre a superfície metálica.	
Abrasão de elevado esforço	Elevado limite elástico e tenacidade
Quando se deseja recuperar, manter ou aumentar a resistência ao desgaste de um componente submetido a elevado esforço, a seleção de estruturas metalúrgicas do tipo carbonetos + matriz dura (martensita) é a mais apropriada.	
Com desgarramento	Tenacidade
Um material resistente ao desgarramento deve ser de elevada dureza e tenaz, isto se logra com a utilização de aços ao manganês austenítico (Hadfield) e aços de baixa liga (laminação controlada e ou por TTM).	

Aderência

- A resistência mecânica de um revestimento efetuado por AT depende da aderência entre a camada e o substrato, bem como da coesão entre as partículas depositadas.
- Trata-se de um requisito essencial para o bom desempenho do revestimento, pois de nada adianta ter uma camada com espessura ideal e livre de poros se a mesma não tem aderência suficiente.

Preparação da superfície para AT

Com vistas ao preparo da superfície, para garantir a aderência adequada dos revestimentos ao substrato deve-se ativar a superfície, para permitir que as partículas projetadas no momento do impacto fiquem totalmente aderidas e livres de impurezas residuais.

- **Limpeza** (tipo Sa2;Sa2,5;Sa3[6], obtida por processos químico, térmico ou mecânicos)
- **Rugosidade** da superfície (obtida pelos processos de jateamento abrasivo ou mecânicos)
- **Preaquecimento** (atingido por chama externa ou chama da própria pistola de aspersão).

■ Limpeza

- A tecnologia de AT e, de forma especial, os mecanismos de aderência requerem o substrato limpo, isento, portanto de ferrugem, de crostas de óxido de ferro, de graxa, de óleo e de umidade. // Os padrões de limpeza na AT são alcançados através dos processos de jateamento abrasivo e com a maioria dos abrasivos, porém o grau de aderência varia com o tipo de material utilizado. // O uso de partículas abrasivas de materiais como granalha de aço, granalha de ferro, óxido de Al, entre outros, em um equipamento (jateamento por centrifugação ou por pressão) que as projetam até a superfície é um método mais eficiente de limpeza.







Norma SIS 055900/67

Graus de preparação jateamento abrasivo:

Jateamento ligeiro - grau Sa1 (NACE 4);

Jateamento comercial - grau Sa2 (NACE 3);

Jateamento ao metal quase branco - Sa2 1/2
(NACE 2);

Jateamento ao metal branco - Sa3 (NACE 1).

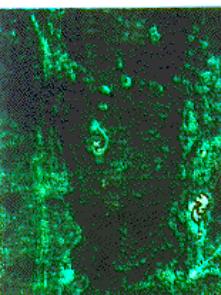
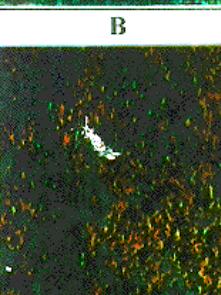
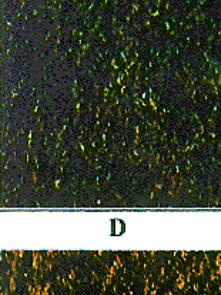
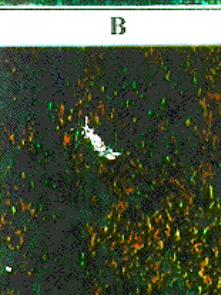
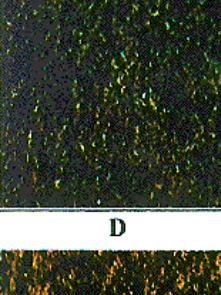
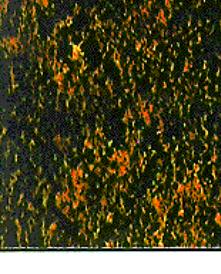
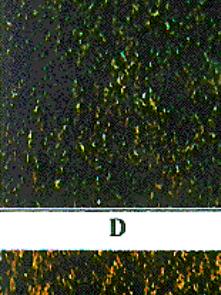
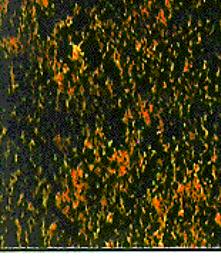
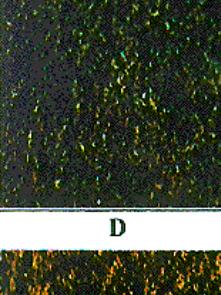
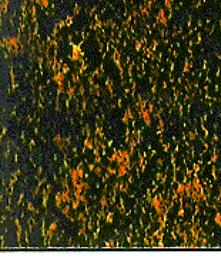
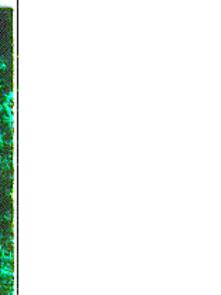
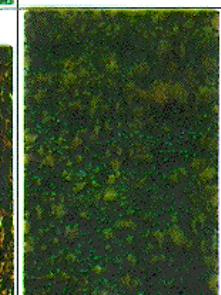
Graus de corrosão:

A: Substrato de aço sem corrosão, com carepa de laminação ainda intacta;

B: Substrato de aço com início de corrosão e destaque da carepa de laminação;

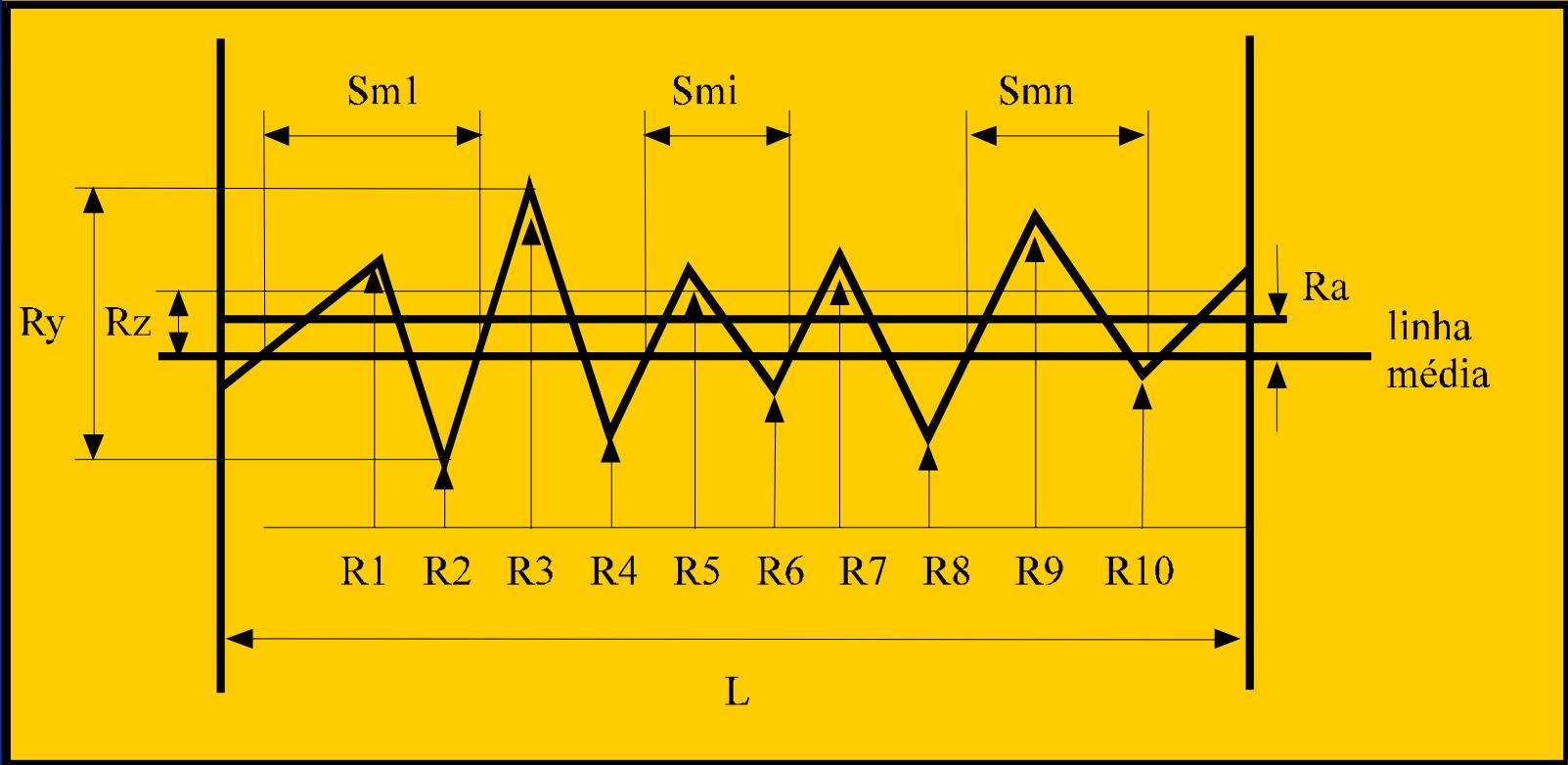
C: Substrato de aço onde a carepa de laminação foi eliminada pela corrosão ou possa ser removida por raspagem, com pouca formação de cavidades visíveis;

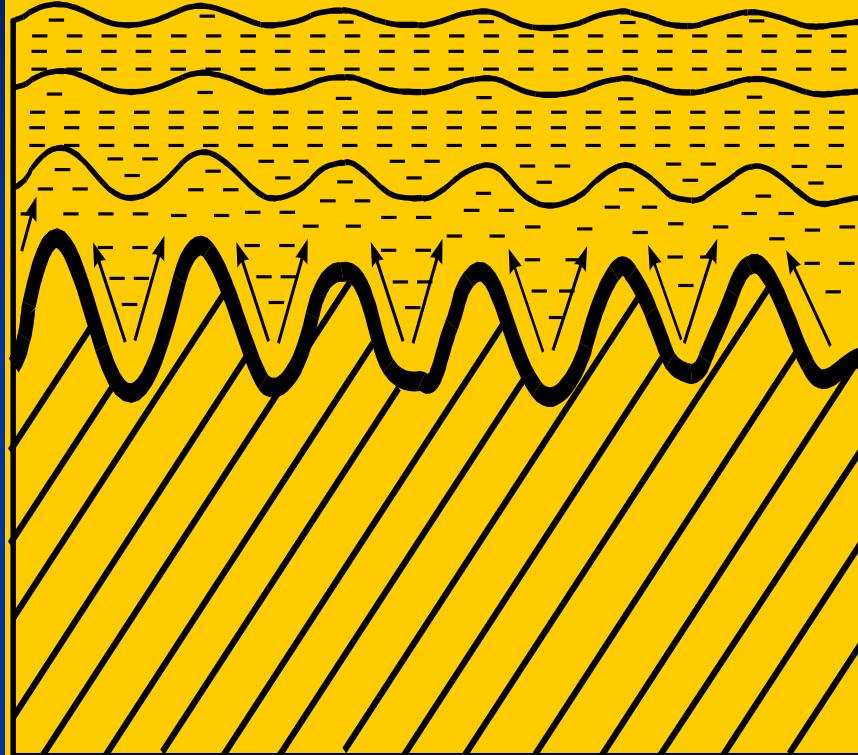
D: Substrato de aço onde a carepa de laminação foi eliminada pela corrosão e com grande formação de cavidades visíveis.

Graus de Corrosão	Graus de Limpeza			
	Sa1	Sa2	Sa2 1/2	Sa3
A				
B				
C				
D				

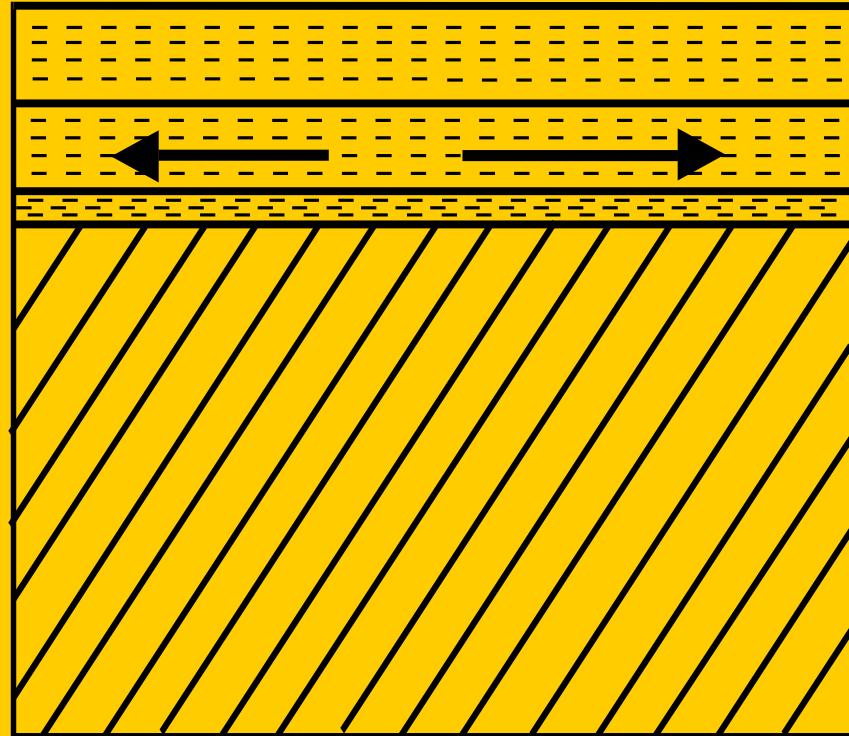
Rugosidade da superfície:

- desvio médio aritmético **R_a**;
- altura das irregularidades de 10 pontos **R_z**;
- altura máxima das irregularidades **R_y**.
- Nas medições horizontais temos o espaçamento médio das irregularidades - **S_m**.



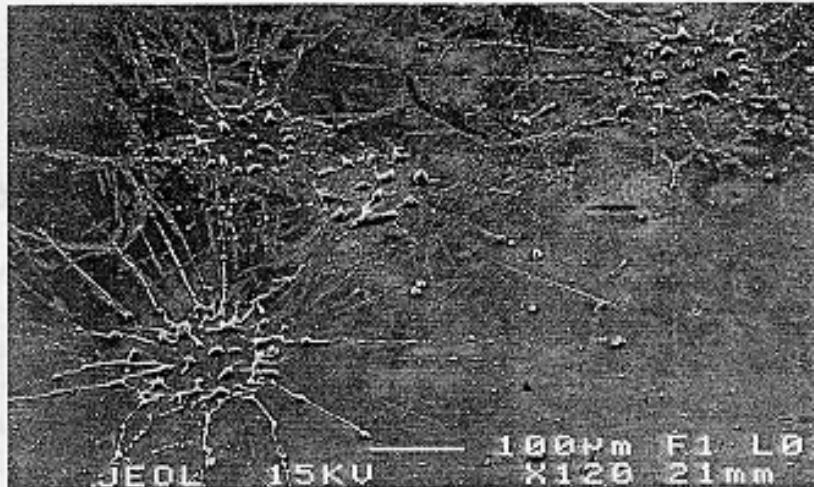


Sobre a superfície com rosca
as tensões (zetas) tendem a
se anular

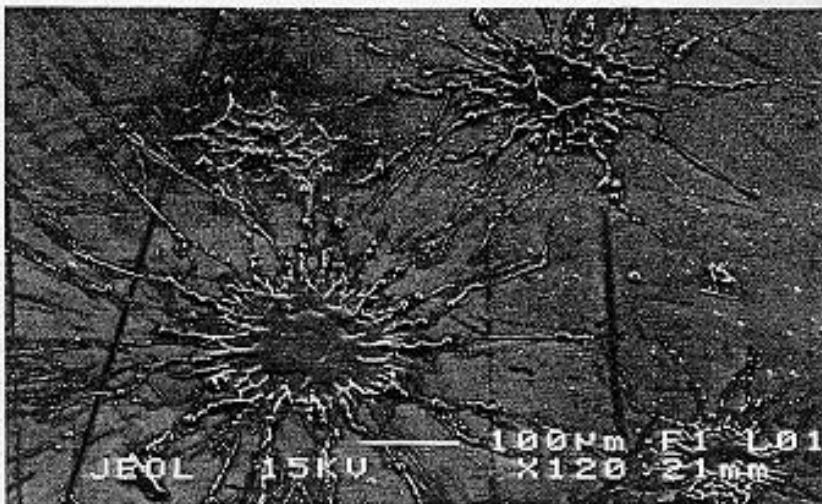


Sobre a superfície lisa, as
tensões paralelas à base
tendem a separar a camada

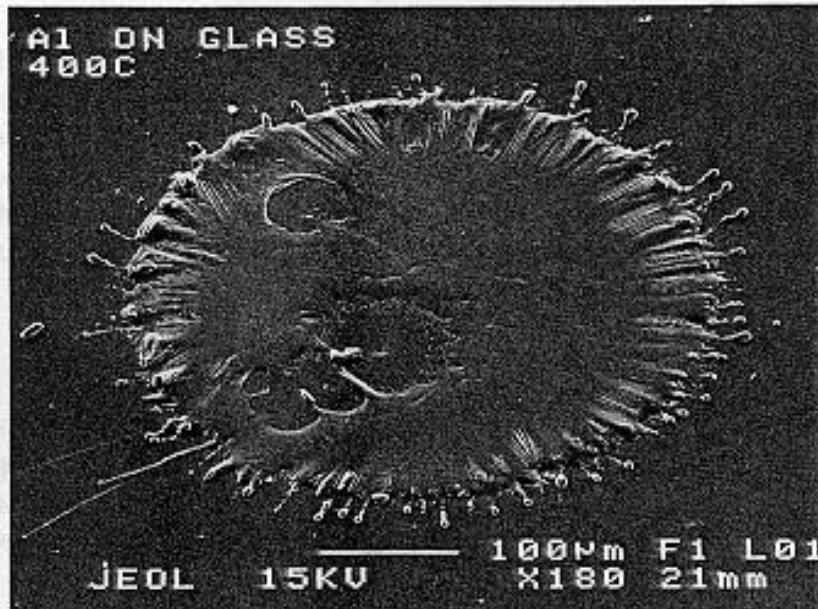
Preaquecimento



(a)



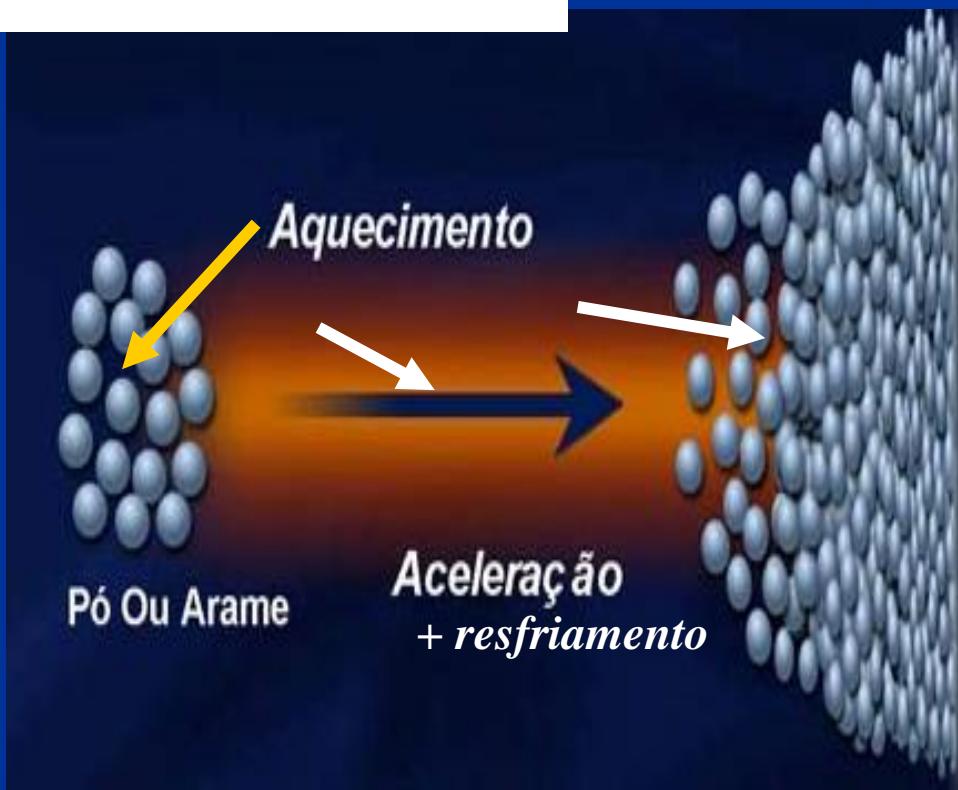
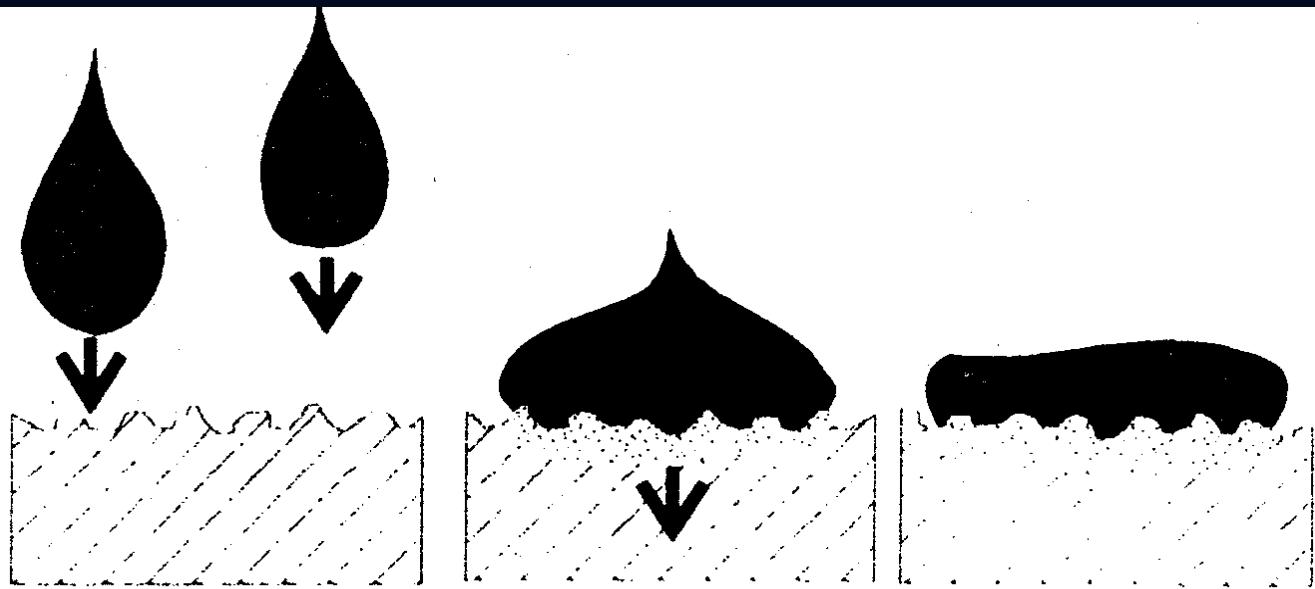
(b)

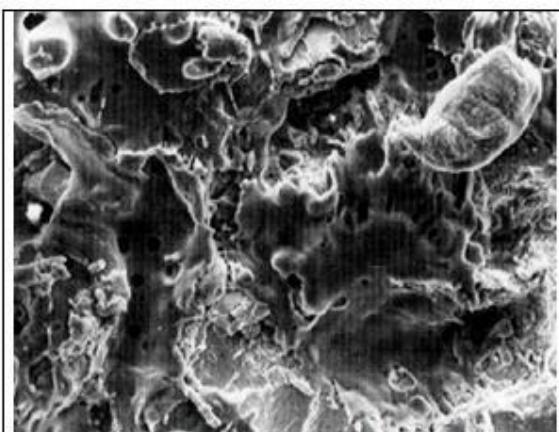


(c)

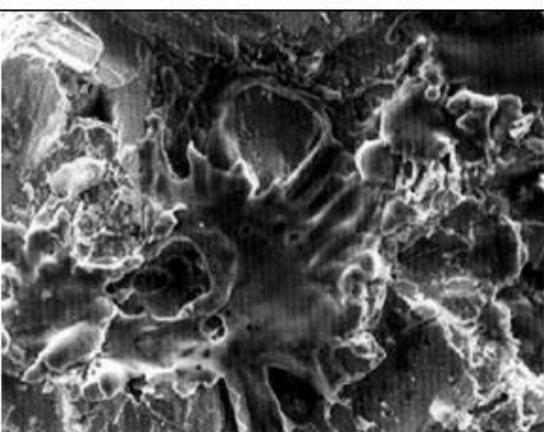
SELEÇÃO DE ABRASIVOS

- Grau de rugosidade que se deseja obter no substrato
- **Dureza do Material de base (substrato)**
- Material do revestimento a depositar
- **Tipo de solicitação a que o revestimento/peça será submetido em serviço**
- Grau de produção (área) exigido
- **Granulometria das partículas do abrasivo**
- Pressão de jateamento
- **Diâmetro do bico da pistola de jateamento**
- Grau de reaproveitamento do abrasivo (desempenho)

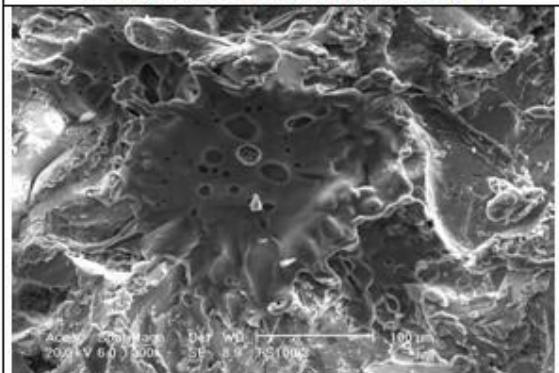




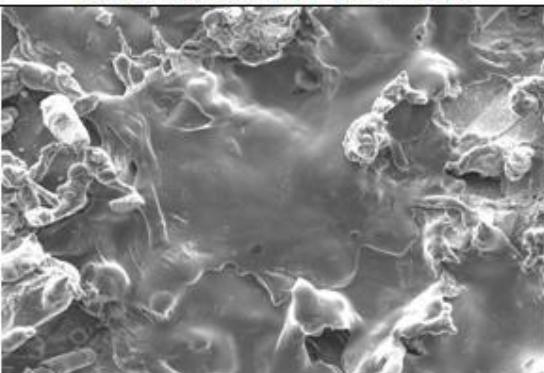
(a) rugosidade do substrato Ry 70/80 µm
sem pré-aquecimento / processo FS



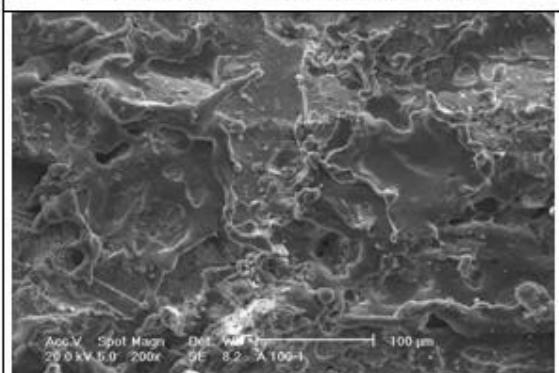
(b) rugosidade do substrato Ry 70/80 µm
com pré-aquecimento / processo FS



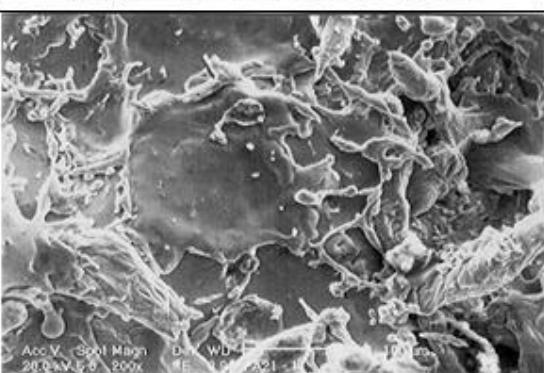
(c) rugosidade do substrato Ry 50/60 µm
sem pré-aquecimento / processo FS



(d) rugosidade do substrato Ry 50/60 µm
com pré-aquecimento / processo FS



(e) rugosidade do substrato Ry 50/60 µm
sem pré-aquecimento / processo ASP



(f) rugosidade do substrato Ry 50/60 µm
com pré-aquecimento / processo ASP

LABORATÓRIO DE ASPERSÃO TÉRMICA E SOLDAGEM ESPECIAIS

MICROESTRUTURAS DE REVESTIMENTOS DEPOSITADOS PELOS PROCESSOS DE ASPERSÃO TÉRMICA

Ramón S. Cortés Paredes
Departamento de Engenharia Mecânica da UFPR
ramon@ufpr.br



Pré-mostrado
29.09.2009
Valida a partir de
29.10.2009

Tintas — Determinação da aderência

Paints and varnishes—Determination of adhesion



ICS 87.040

ISBN 978-65-07-01766-0



Número de referência
ABNT NBR 11003:2009
9 páginas

© ABNT 2009

Exemplar para uso exclusivo - PETRÓLEO BRASILEIRO - 35/0001.07/0006-31

EI PETROBRAS

N-2568

REV. B

05 / 2011

Revestimentos Metálicos
por Aspersão Térmica

Procedimento

Esta Norma substitui e cancela a sua revisão anterior.

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. A Unidade da PETROBRAS usuária desta Norma é a responsável pela adoção e aplicação das suas seções, subseções e enunciados.

Requisito Técnico: Prescrição estabelecida como a mais adequada e que deve ser utilizada estritamente em conformidade com esta Norma. Una eventual resolução de não seguir a "não-conformidade" com esta Norma deve ter fundamentos técnicos-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pela Unidade da PETROBRAS usuária dessa Norma. É caracterizada por verbos de caráter impositivo.

Prática Recomendada: Prescrição que pode ser utilizada nas condições previstas por esta Norma, mas que admite (e adverte sobre) a possibilidade de alterações ou modificações, caso seja necessário, para atender a demanda. A alternativa, adocicada deve ser aprovada e registrada pela Unidade da PETROBRAS usuária dessa Norma. É caracterizada por verbos de caráter impositivo.

Cópias dos registros das "não-conformidades" com esta Norma, que possam constar de outras normas ou procedimentos, devem ser encaminhadas para a CONTEC - Subcomissão Autora.

As propostas para revisão desta Norma devem ser encaminhadas à CONTEC - Subcomissão Autora, indicando a sua identificação alfanumérica e revisão, a descrição da proposta, a justificativa revisada, a proposta de redação e a justificativa técnico-económica. As propostas são apresentadas durante os trabalhos para alteração desta Norma.

"A presente Norma é autoridade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. (PETROBRAS), para uso interno na PETROBRAS e qualquer reprodução para utilização em divulgação pública, sem permissão e expressa autorização da autora, importa em anelito nos termos da legislação pertinente, o que será imposta ao infrator, as responsabilidades cabíveis. A circulação da Norma é restringida mediante cláusula própria de Sigilo e Confidencialidade, nos termos do direito intelectual e propriedade industrial."

SC - 26
Soldagem

CONTEC
Comissão de Normalização
Técnica

Apresentação

As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho - GT (formados por Técnicos Colaboradores especialistas da Companhia e de suas Subsidiárias), são comentadas pelas Unidades da Companhia e por suas Subsidiárias, são aprovadas pelas Subcomissões Autoras - SC (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando as Unidades da Companhia e as Subsidiárias) e homologadas pelo Núcleo Executivo (formado pelos representantes das Unidades da Companhia e das Subsidiárias). Uma Norma Técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reintroduzida a cada 5 anos para nova aprovação. As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a Norma Técnica PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as Normas Técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

PROPRIEDADE DA PETROBRAS 48 páginas, Índice de Revisões e GT

Designation: C 633 - 79 (Reapproved 1993)

ADHESION OF FLAME SPRAYED METALLIC COATINGS
MATERIAL TESTED: FLAME SPRAYED METALLIC COATINGS
TESTS: TENSILE TESTS AND INTEGRITY TESTS
METHOD: TENSILE TESTS

Standard Test Method for
Adhesion or Cohesive Strength of Flame-Sprayed Coatings¹

This standard is issued under the designation C 633 to the member immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript letter, if present, indicates the date of last revision for test methods.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the degree of adhesion (bonding strength) of a coating to a substrate by applying a tensile load parallel to the surface normal to the surface. The test consists of coating one face of a substrate with a flame-sprayed coating, subjecting the bonding fixture, and subjecting the assembly of coating and fixture to a tensile load normal to the plane of the coating. It is assumed that the bonding agent is applied by flame spraying, which is defined to include the combustion flame plasma flame arc gun, and deposition processes for spraying wires, rods or particles.

NOTE 1—Flame-sprayed coating material includes ceramics, such as metal oxides or carbides, and metals in several forms, such as electrode wire sprayed onto a sprayed metal bonding layer. The adhesion is governed by the bonding agent used.

1.2 Usually this test method is performed at ambient temperature. Higher temperatures may be required for certain bonding agents. The test should not be considered to be applicable to flame-sprayed coatings having a thickness much to determine if a coating will withstand specific service conditions. The test is not intended for flame-sprayed coatings, actual strength is dependent upon the shape of the particular coating part. Also, in actual use a flame-sprayed coating may be applied in a more complicated manner than is practical for a standardized test.

2. Apparatus

2.1 A tension testing machine shall conform to the requirements of Practice E-4, Standard Test Method for Tensile Testing of Plastics, except that the adhesives or tensile strength shall be within the loading range of the testing machine, as defined in Practices E-4.

2.2 A tensile load cell having a capacity of 100 kgf (0.981 kN) or greater shall be used. The load cell shall be able to apply increasing tensile load at a constant rate of approximately 10 kgf/min (0.0981 mm/min).

2.3 Self-aligning devices, for applying the tensile load to the specimen, shall be used. The self-aligning device shall have a load-deflecting device that registers the maximum load capacity of the device.

2.4 Self-aligning devices, for applying the tensile load to the specimen, shall be used. The self-aligning device must permit exerting load or bending moment to the specimen. Self-alignment is often provided by the manufacturer as an option. A schematic diagram of a self-aligning self-aligning apparatus is shown in Fig. 1, which also shows a method of mounting the self-aligning apparatus to an assembled test specimen.

3. Material

3.1 Adhesive Bonding Agent—A suitable adhesive bonding agent shall be agreed between the purchaser and supplier and shall be used in accordance with the following requirements:

3.1.1 The adhesive bonding agent shall be capable of bonding the coating to the bonding fixture at a tensile strength that is at least as great as the minimum required adhesion and cohesive strength of the coating.

3.1.2 The bonding agent shall be sufficiently viscous so that it will not run off the fixture during application of the coating.

3.1.3 The adhesive bonding agent shall be capable of curing at room temperature by means of a curing agent, if to be used.

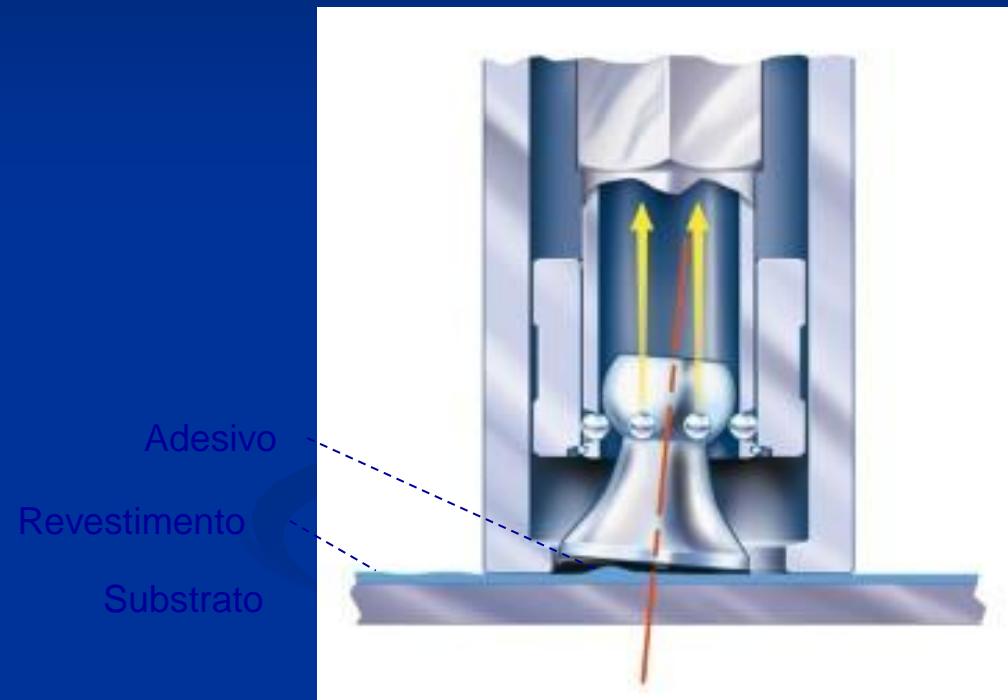
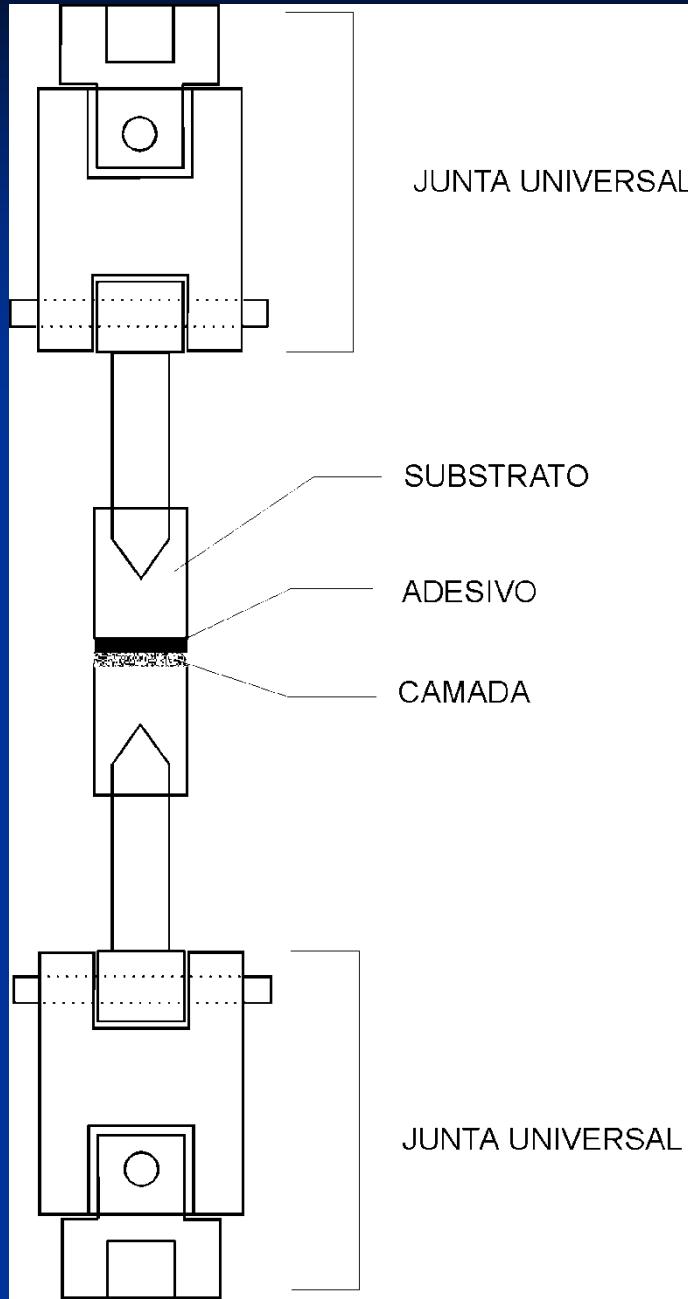
1. This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee B-8 on Metal and Inorganic Coatings and is the direct responsibility of Subcommittee B-8.1 on Flame-Sprayed Coatings.

Current edition approved Dec. 21, 1976. Published February 1983. Originally published as D 2774-64. Last revised May 1976.

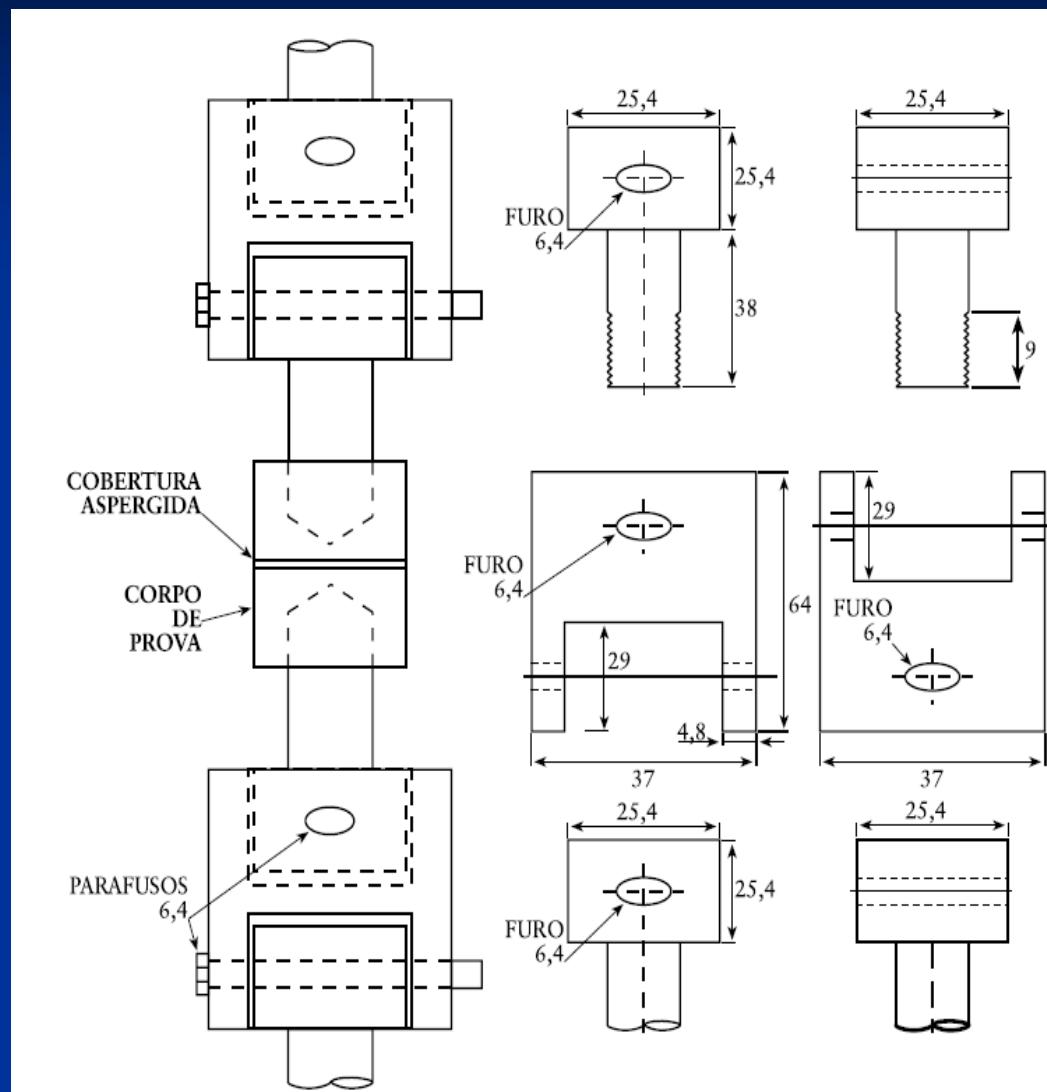
2. Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

3. A book of adhesives bonding agents is provided in the annex which follows this document.

Aderência pelo ensaio de tração

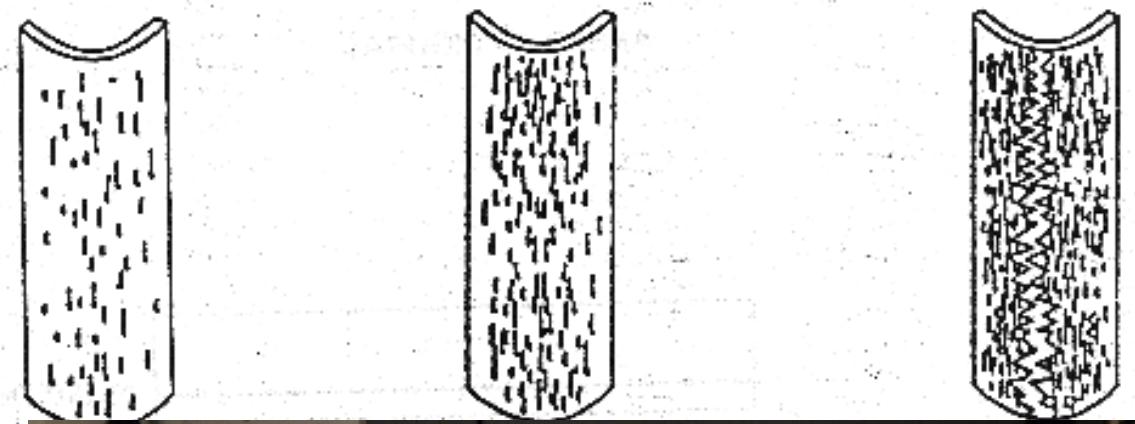


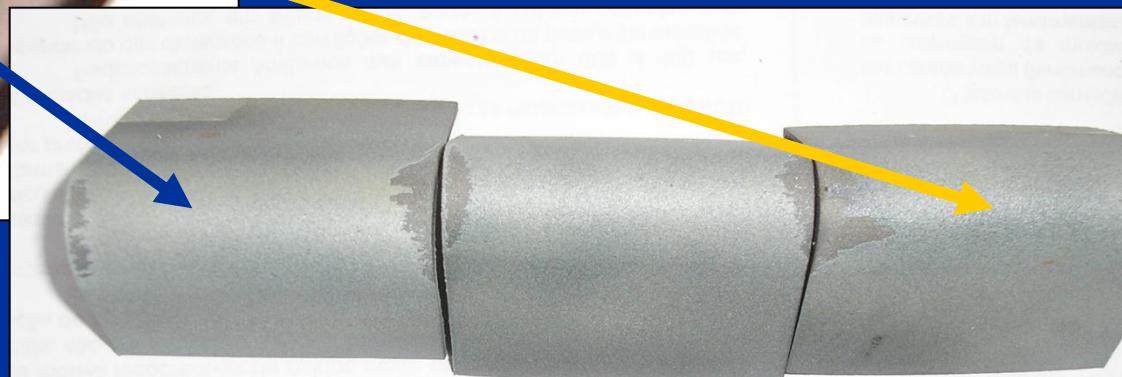
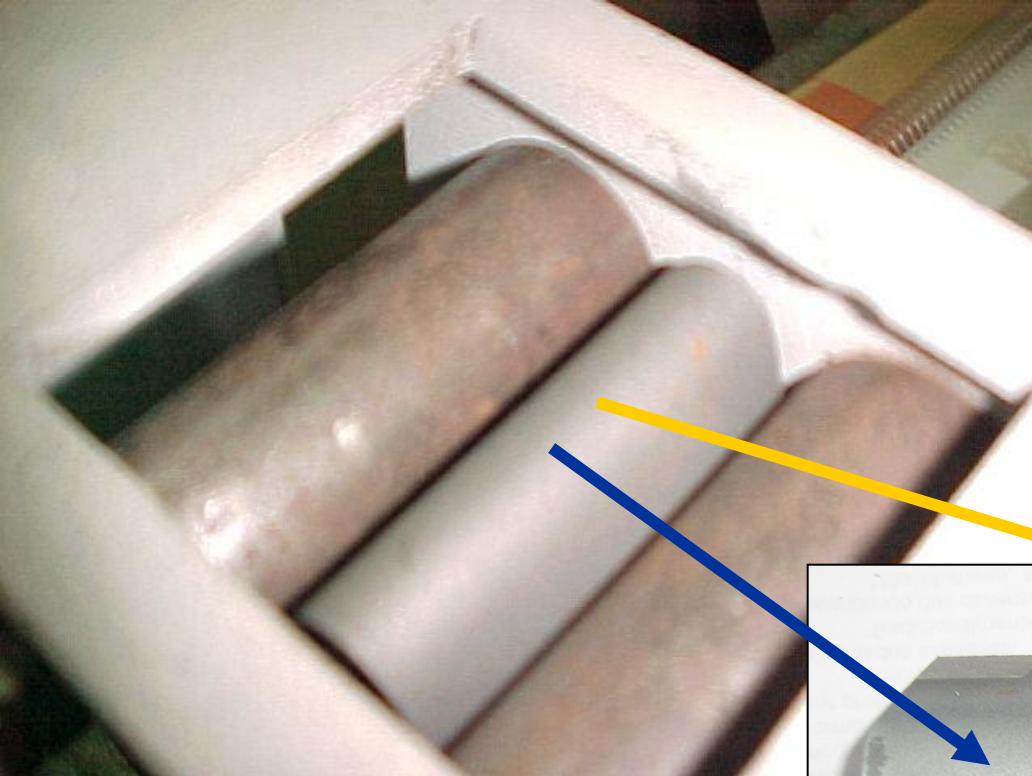
- O ensaio de aderência segundo norma ANSI-ASTM-633-79 (a qual prevê a junção do corpo de prova com uma contraparte de mesmas dimensões em aço 1020. Para a junção, é utilizado adesivo)
- Após a cura do adesivo, o conjunto montado é tracionado até que ocorra a separação ou ruptura.



Critério de avaliação dos ensaios de dobramento para aprovação dos revestimentos

Condição	Aparência da superfície
Ideal	Sem micro trincas, ou micro trincas superfícies
Marginal	Contém micro trincas, sem desgarramento ou delaminação da camada.
Reprovado	Contém trincas e fendas com desgarramento e delaminação da camada.





Dimensões dos corpos de prova	1,25x50x75mm
Velocidade de avanço do cutelo	$1,25 \times 10^{-3}$ m/s (medição aparelho portátil)
Diâmetro do cutelo	13mm
Diâmetro dos apoios	32mm
Distâncias entre apoios	22mm
Ângulo de dobramento	180º
Espessura da camada depositada	entre 175 e 250µm

Norma Petrobrás de Aspersão Térmica

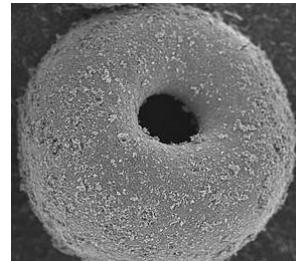
N-2568.pdf

AT nanoestruturados

Aspersão Térmica de Revestimentos Cerâmicos Nanoestruturados....

“Thermal Spray Coatings Engineered from Nanostructured Ceramic Agglomerated Powders for Structural, Thermal Barrier and Biomedical Applications”

Maria Nalu Verona/PGMEC/UTFPB
RSCP/LABATS/DEMEC/UFPR

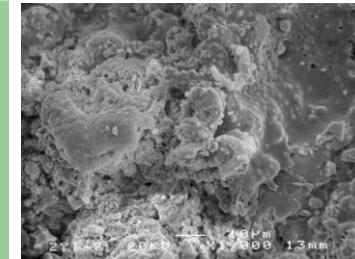


Lima e Marple (2006)

Processo de Aspersão por Plasma Spray de Revestimentos Cerâmicos Nanoestruturados

“Plasma spray coatings in different nanosize alumina”

Maria Nalu Verona/PGMEC/UTFPB
RSCP/LABATS/DEMEC/UFPR



Zeng et al. (2002)

Thermal Spray revestimentos, são utilizados nos seguintes setores

Aerospace

Agricultura

Marítimo

Metal Trabalho

Papel e Imprensa

Bombas / Motores

Electronics /Computadores

Implantes

Petro Produtos Químicos

Geotérmica

Nuclear Power

Utilidades / Energia / Água /Esgoto

Golfe

Militar

Offshore submersas Pipe Lines

Plataformas de petróleo offshore

Refinarias

Railroad

Automóveis

Diesel

PRINCIPAIS APLICAÇÕES







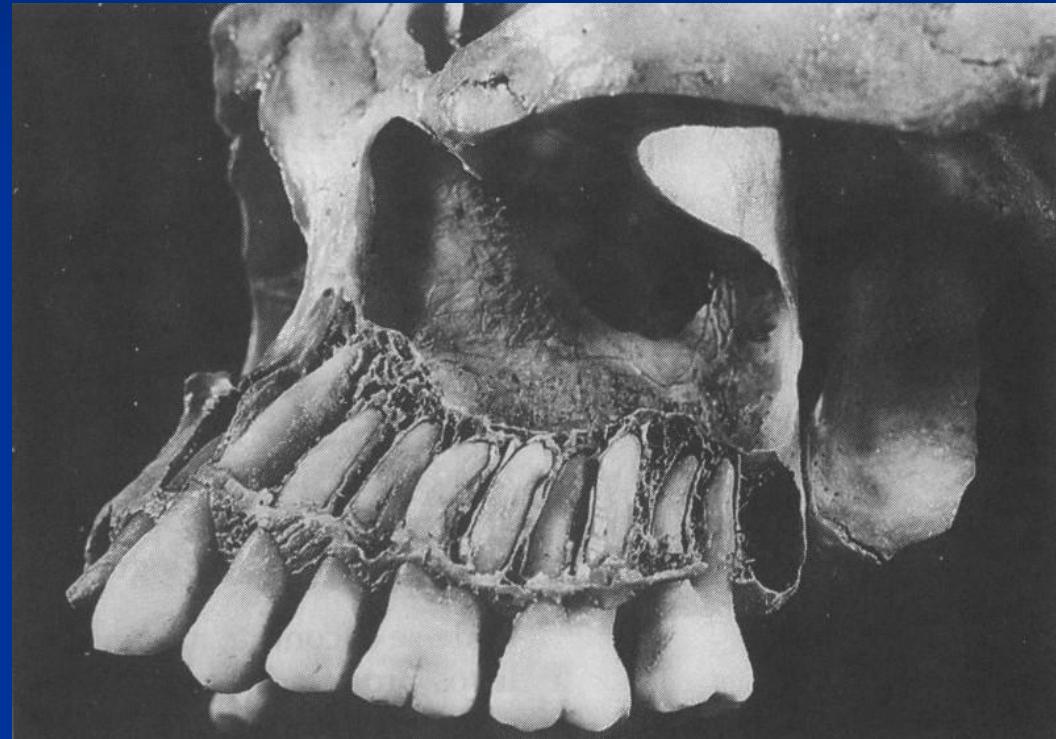
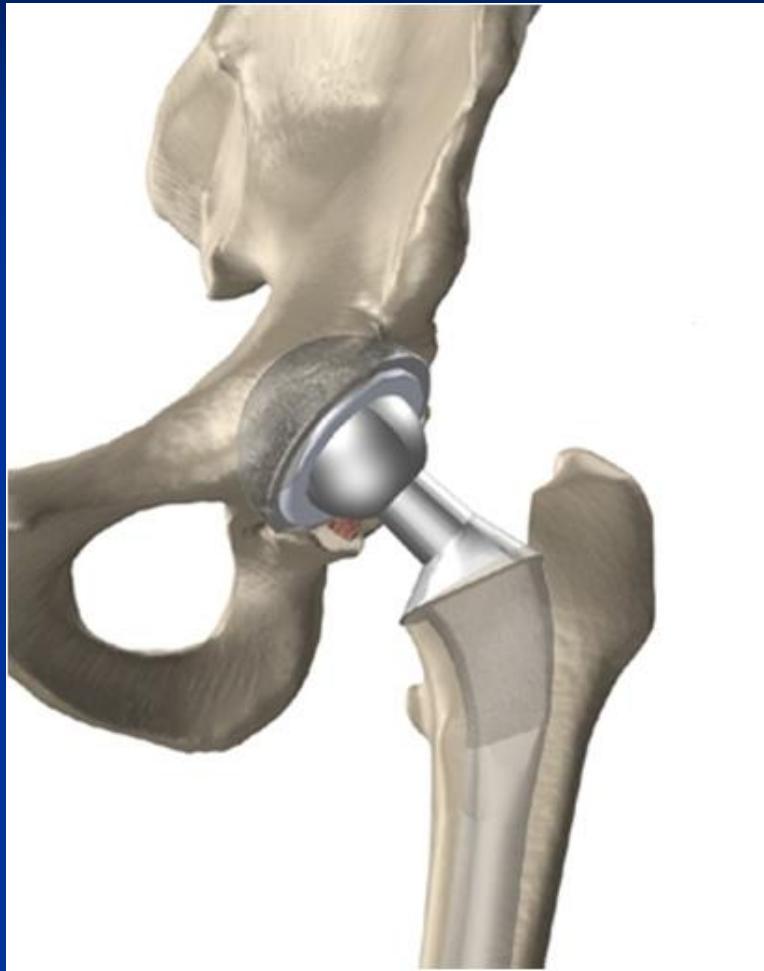
4



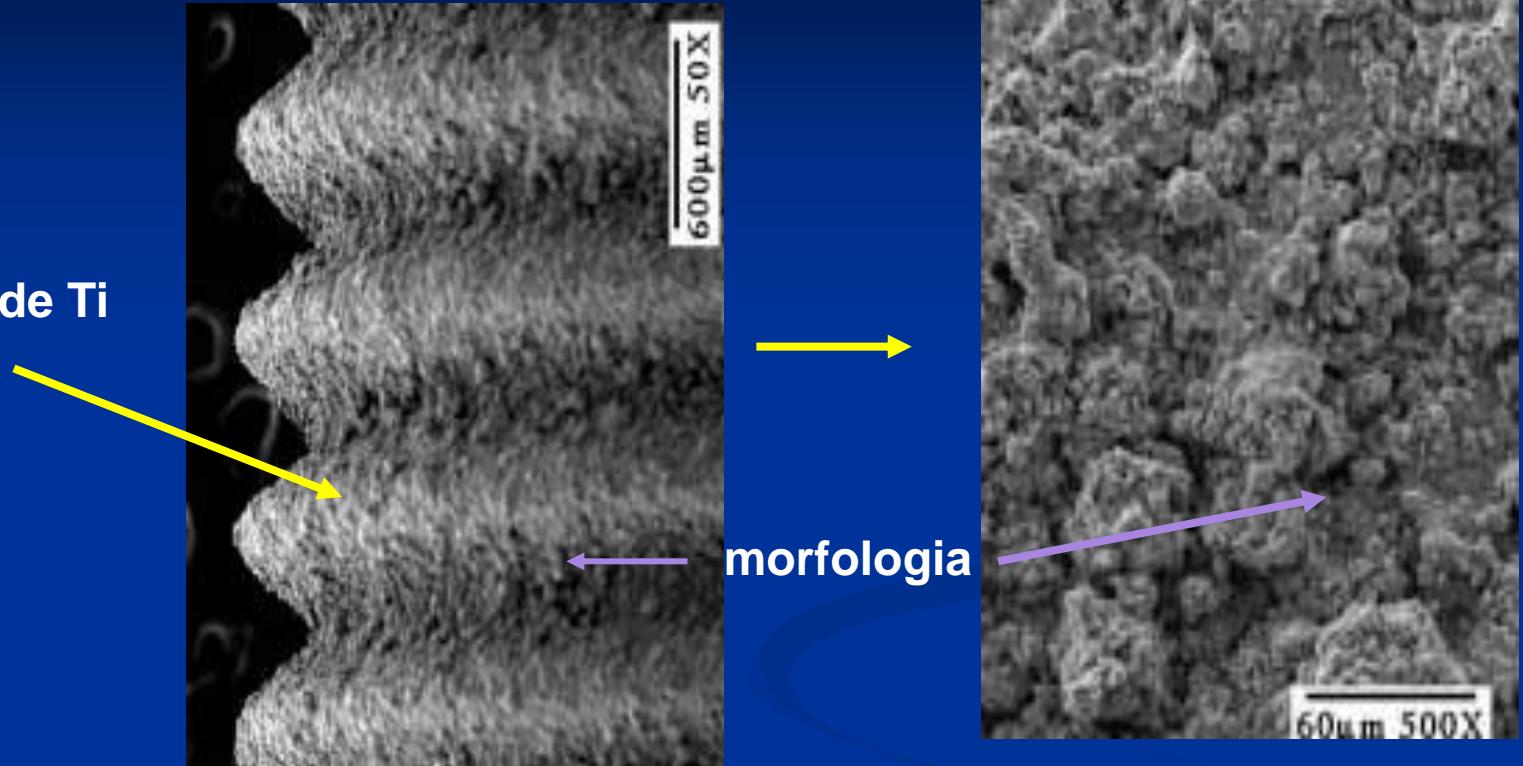
11



IMPLANTES



Revestimento de Ti



APLICAÇÃO DA ASPERSÃO TÉRMICA DE TI NO
REVESTIMENTO E NA FABRICAÇÃO DE IMPLANTES

TM 734 – Aspersão Térmica

Seminário

UFPR



ASPERSÃO TÉRMICA NO ACETÁBULO

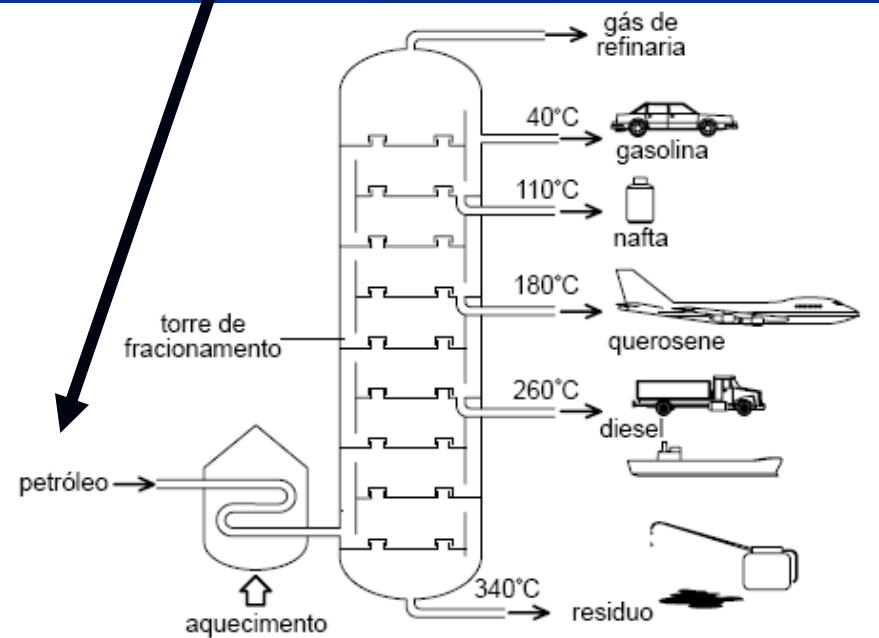
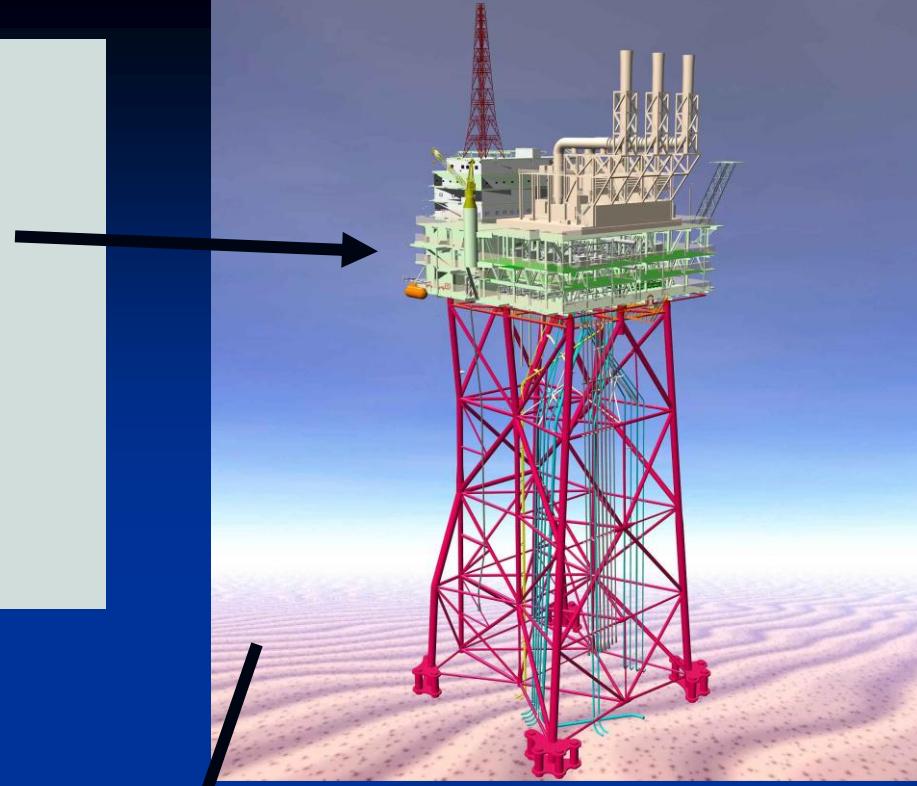
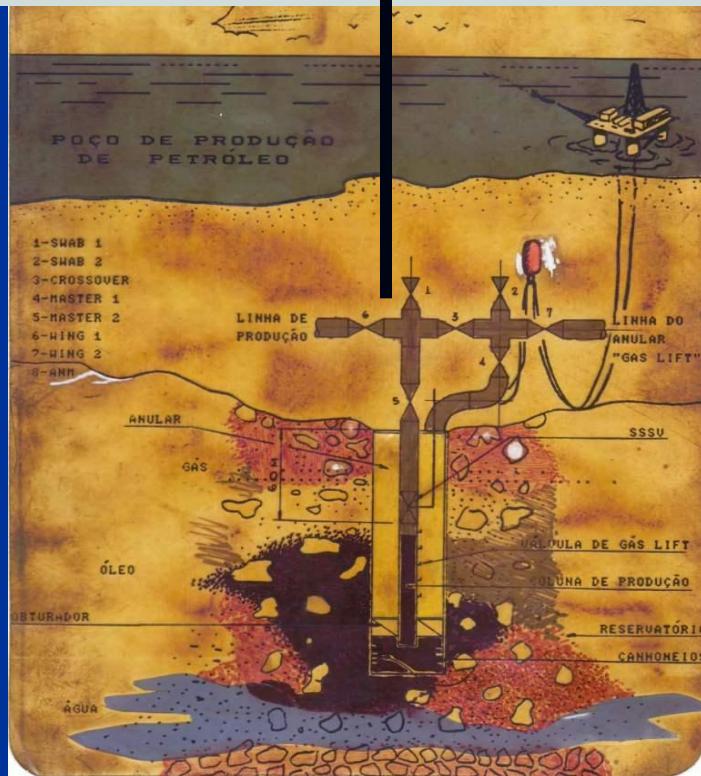
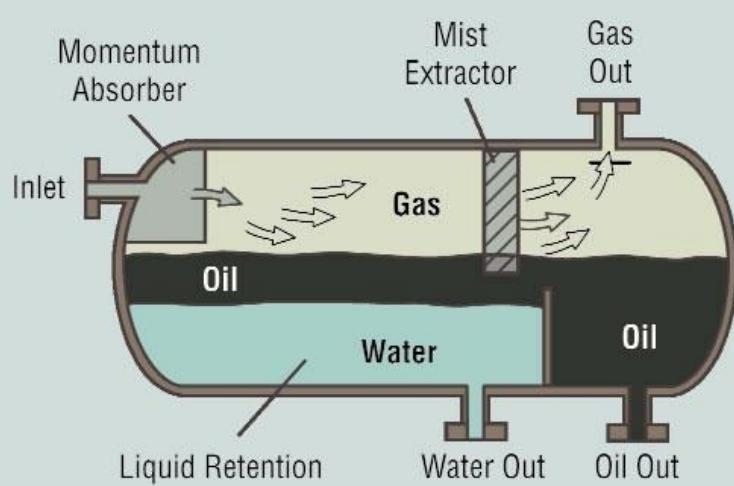


Paper Making Roll



HVOF spraying Tungsten Carbide / Cobalt Chromium Coating (WC/10Co4Cr) onto
Roll for the Paper Manufacturing Industry





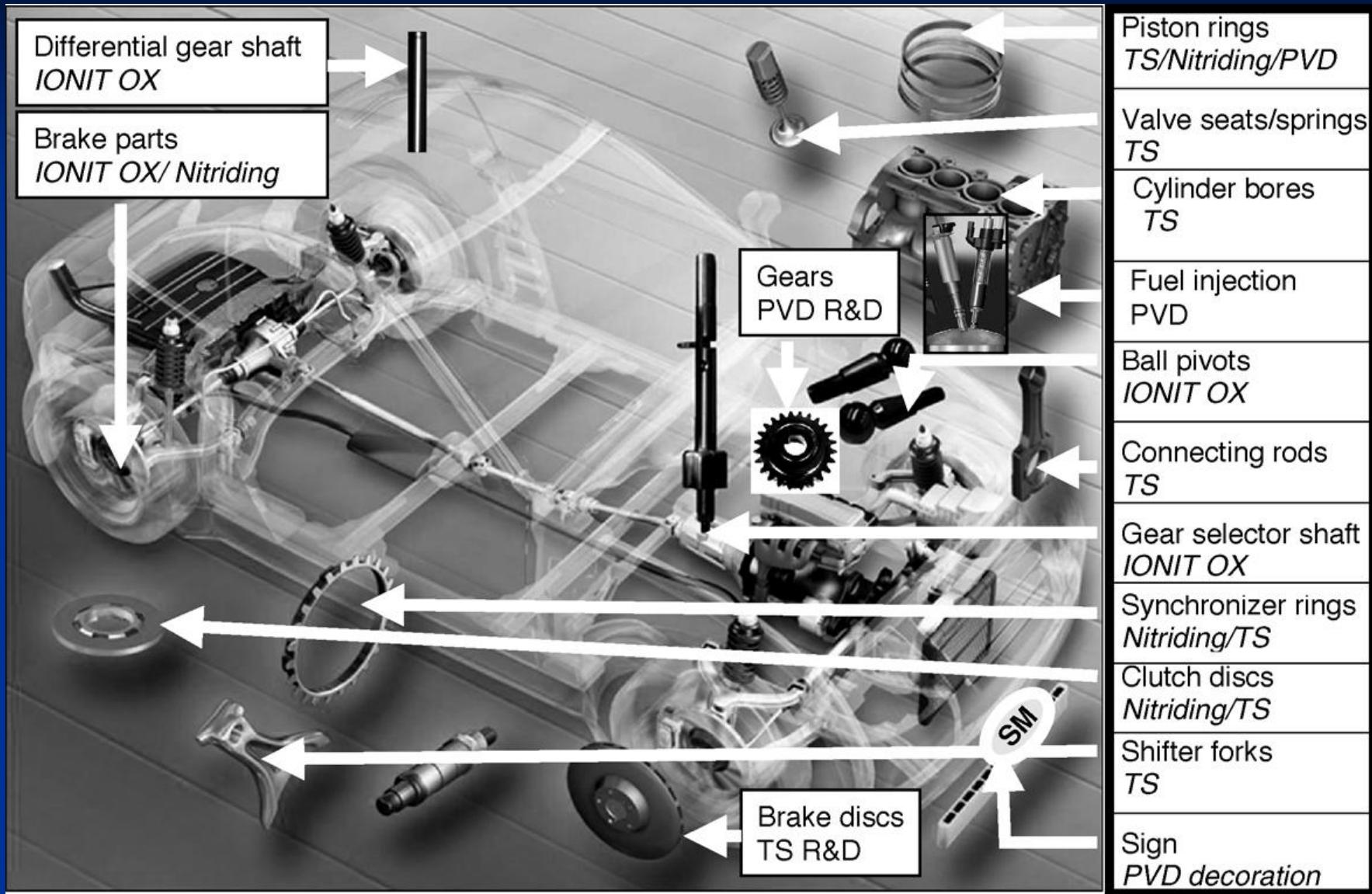






Figure 5: Typical Cold Sprayed Coatings



Figure. 6: Cold Spray Produced Bulk Forms

PRINCIPAIS LINHAS DE PESQUISA DA ASPERSAO TÉRMICA NO LABATS DA UFPR

- Otimização dos procedimentos de aspersão
- Desenvolvimento de revestimentos no processo in situ”
- Desenvolvimento de Tecnologia de AT aplicado em implantes
- Novas aplicações da AT
- Desenvolvimento de revestimentos no in situ – difusão
- Desenvolvimento de novas ligas para AT

OBRIGADO

Prof. Ramón S. Cortés Paredes, Dr. Eng.

ramon@ufpr.br