

Procesy natryskiwania
cieplnego - podstawy

Po co stosujemy natryskiwanie cieplne ?

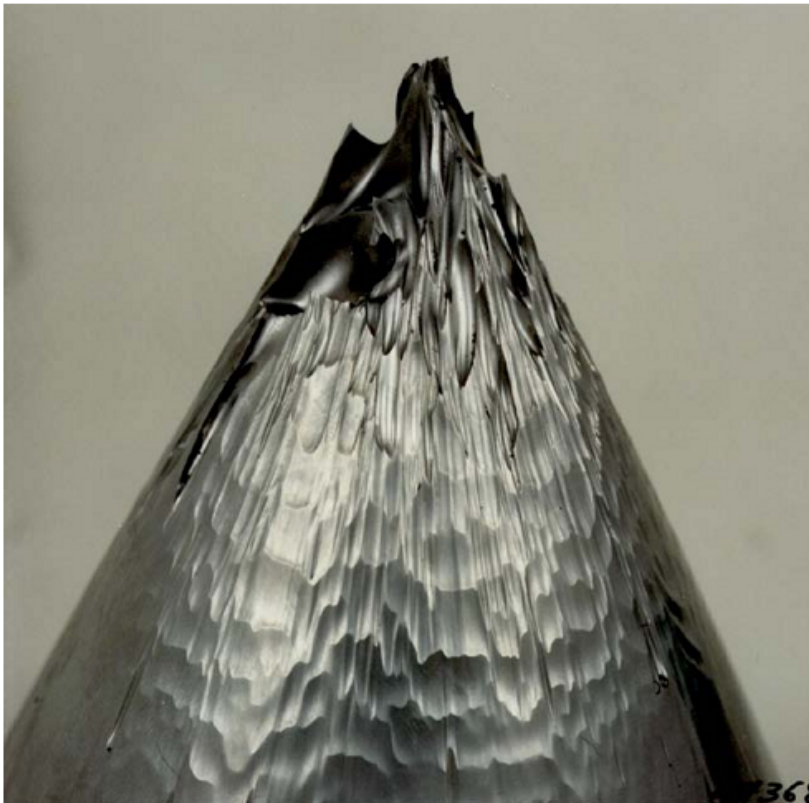


Figure 1a • Chrome plated, 13/4 steel pelton turbine nozzle needle after service.

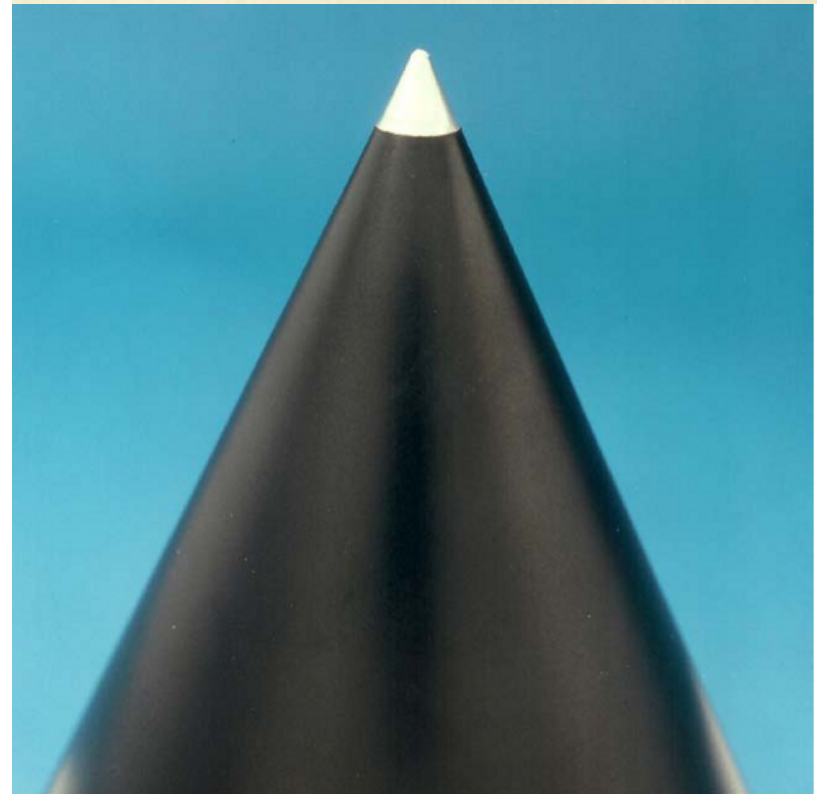


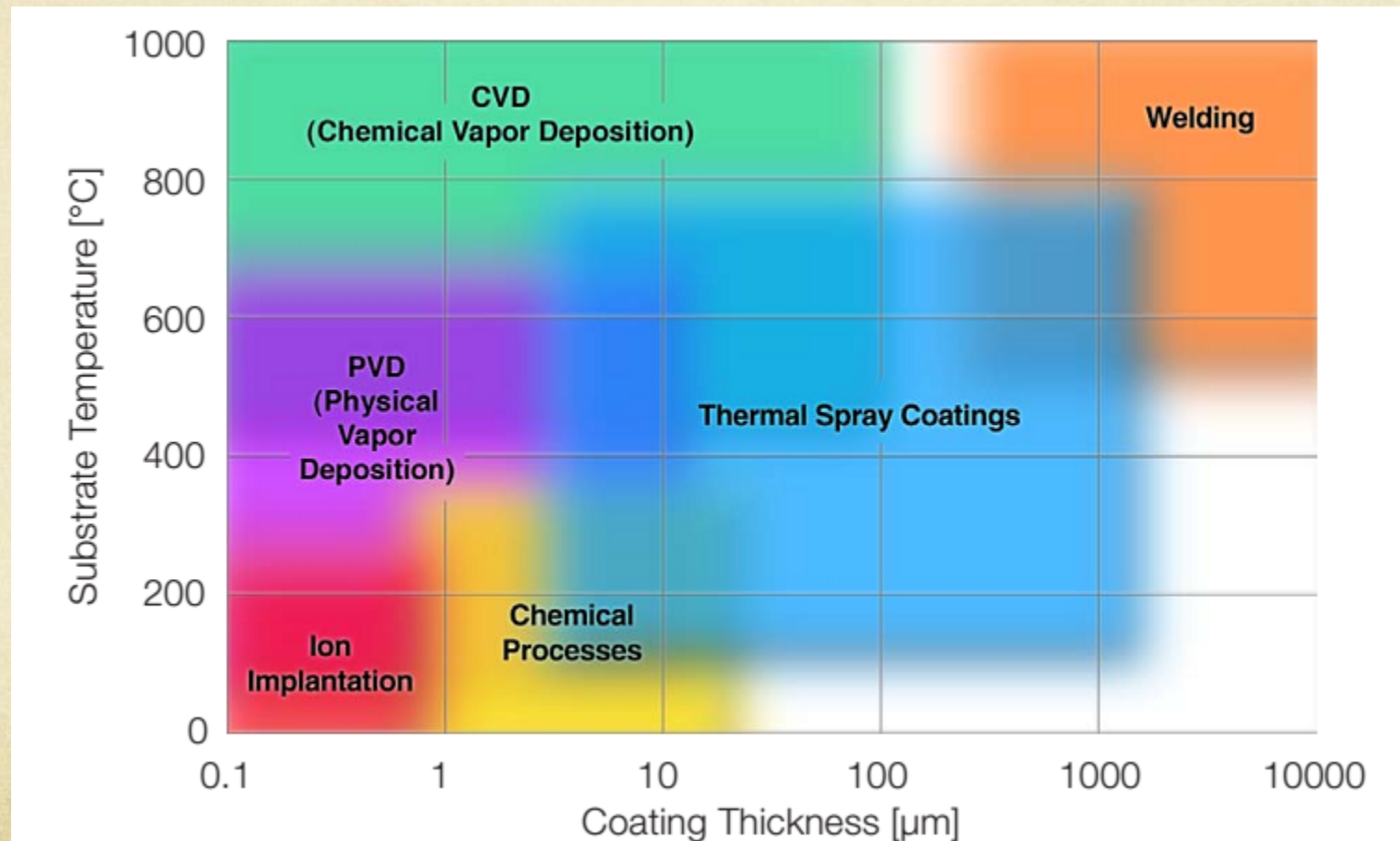
Figure 1b • Nozzle needle with a chrome oxide coating to prevent wear.

Właściwości powłok wytwarzanych różnymi metodami

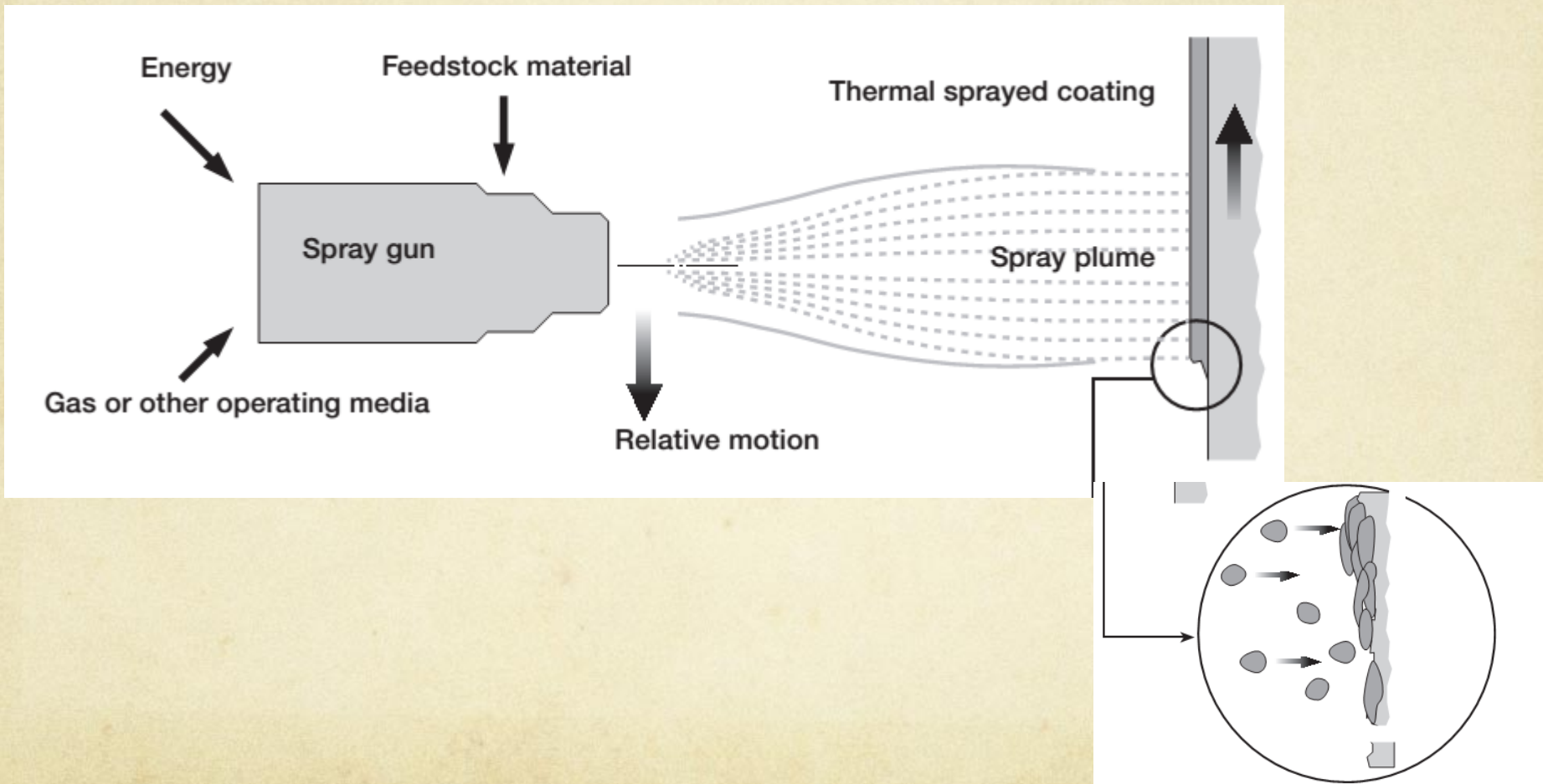
Coating Process	Typical Coating Thickness	Coating Material	Characteristics	Examples
PVD	1 – 5 μm (40 – 200 μin)	Ti(C,N)	Wear resistance	Machine tools
CVD	1 – 50 μm (40 – 2000 μin)	SiC	Wear resistance	Fiber coatings
Baked Polymers	1 – 10 μm (40 – 400 μin)	Polymers	Corrosion resistance, aesthetics	Automobile
Thermal Spray	0.04 – 3 mm (0.0015 – 0.12 in)	Ceramic and metallic alloys	Wear resistance, corrosion resistance	Bearings
Hard Chromium Plate	10 – 100 μm (40 – 4000 μin)	Chrome	Wear resistance	Rolls
Weld Overlay	0.5 – 5 mm (0.02 – 0.2 in)	Steel, Stellite	Wear resistance	Valves
Galvanize	1 – 5 μm (40 – 200 μin)	Zinc	Corrosion resistance	Steel sheet
Braze Overlay	10 – 100 μm (40 – 4000 μin)	Ni-Cr-B-Si alloys	Very hard, dense surface	Shafts

Table 1 a • Principal coating processes and characteristics

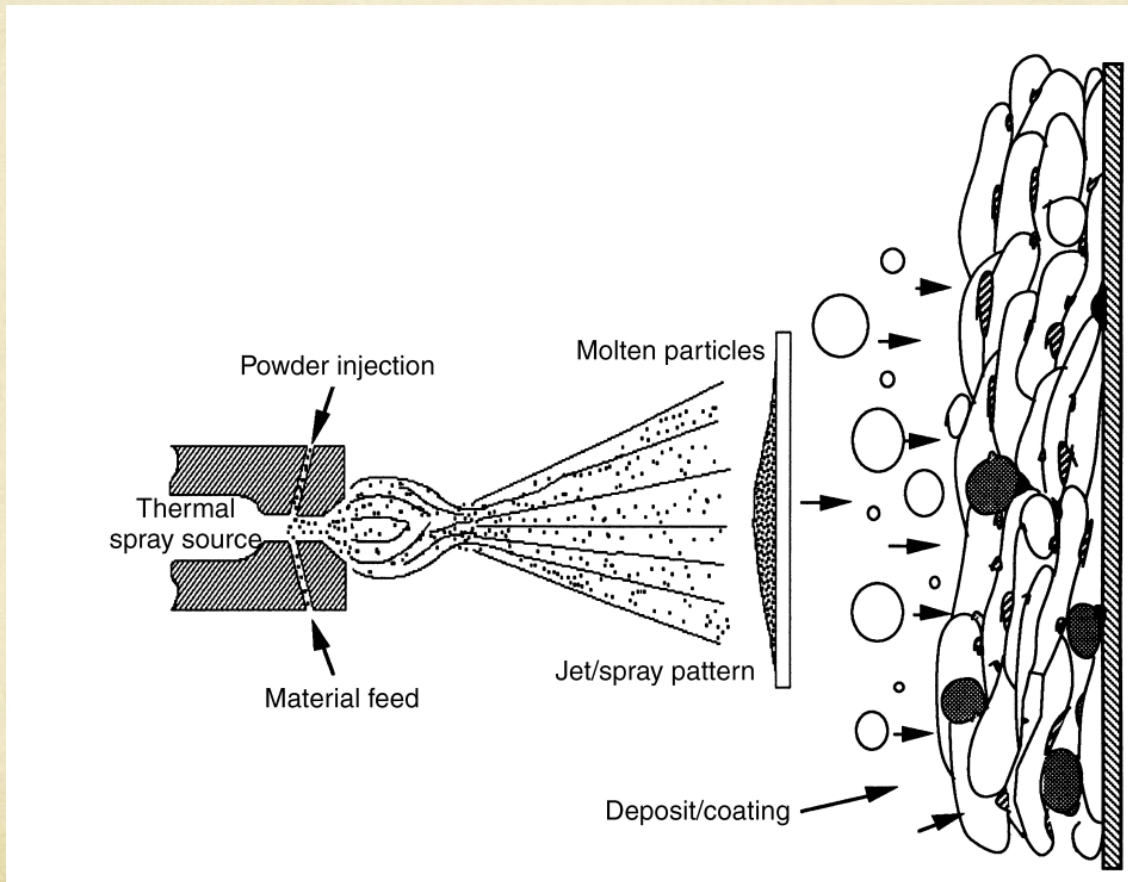
Grubość powłok i temperatura podłoża



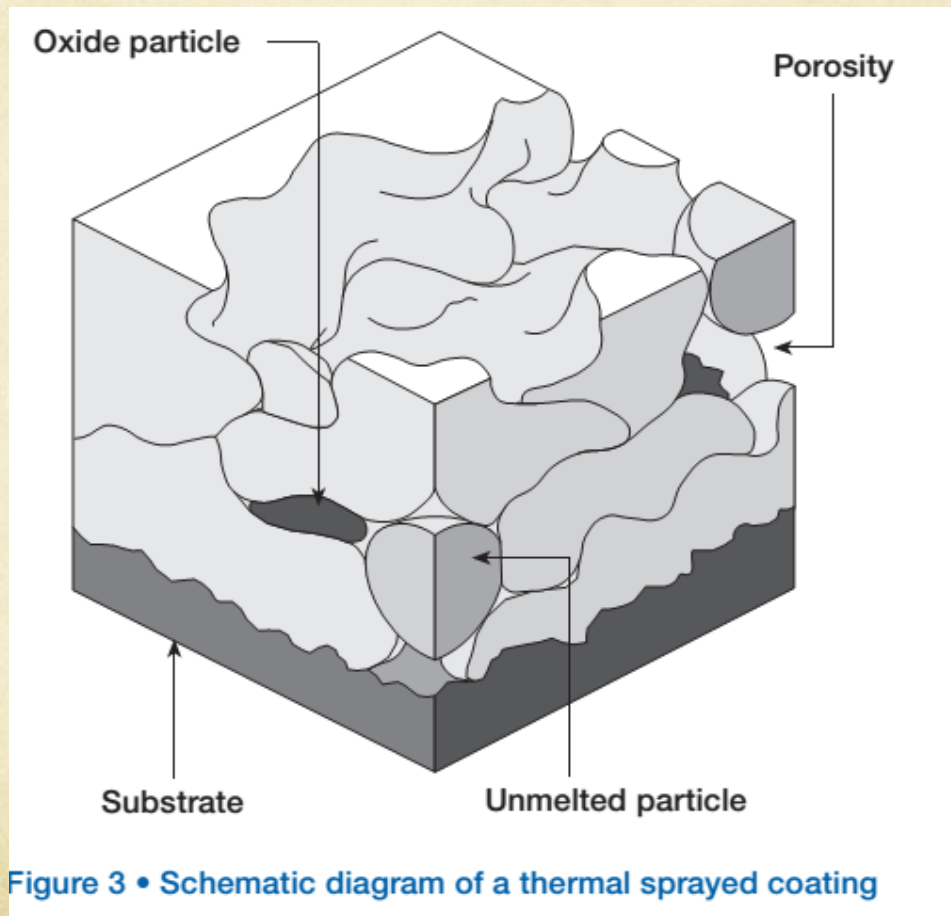
Ogólna zasada natryskiwania cieplnego



Ogólna zasada natryskiwania ciepłego



Budowa powłoki natryskiwanej cieplnie

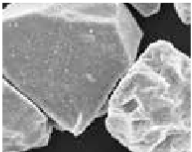
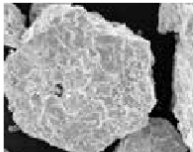
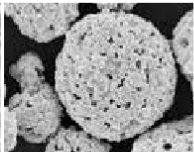

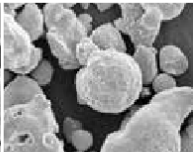
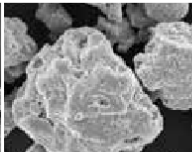

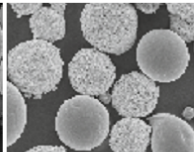


Najczęściej stosowane powłoki natryskiwane cieplnie

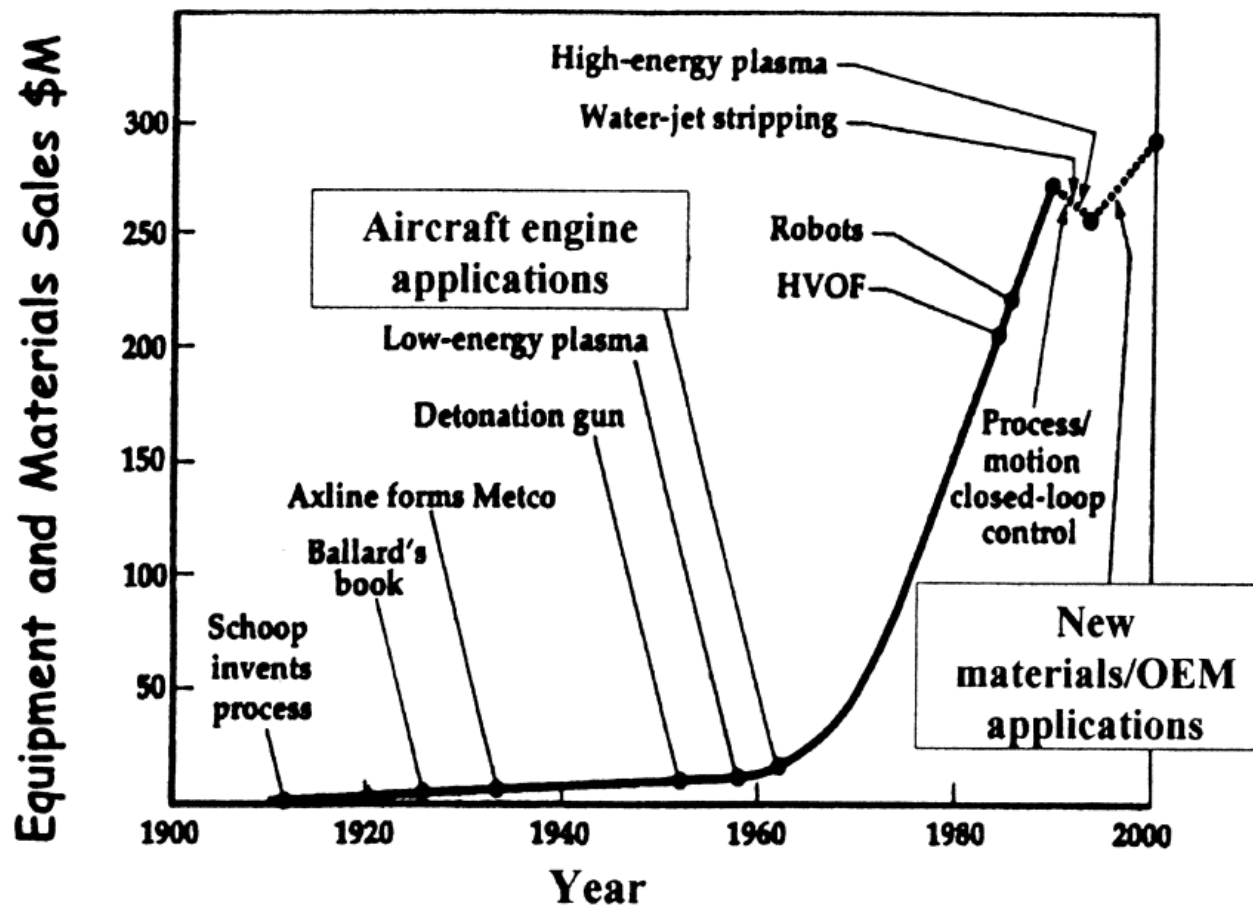
Material Class	Typical Alloy	Characteristics	Example Application
Pure metals	Zn	Corrosion protection	Bridge construction
Self-fluxing alloys	FeNiBSi	High hardness, fused minimal porosity	Shafts, bearings
Steel	Fe 13Cr	Economical, wear resistance	Repair
MCrAlY	NiCrAlY	High temperature corrosion resistance	Gas turbine blades
Nickel-graphite	Ni 25C	Anti-fretting	Compressor inlet ducts
Oxides	Al ₂ O ₃	Oxidation resistance, high hardness	Textile industry
Carbides	WC 12Co	Wear resistance	Shafts

Table 2 • Common classes of thermal spray powder materials

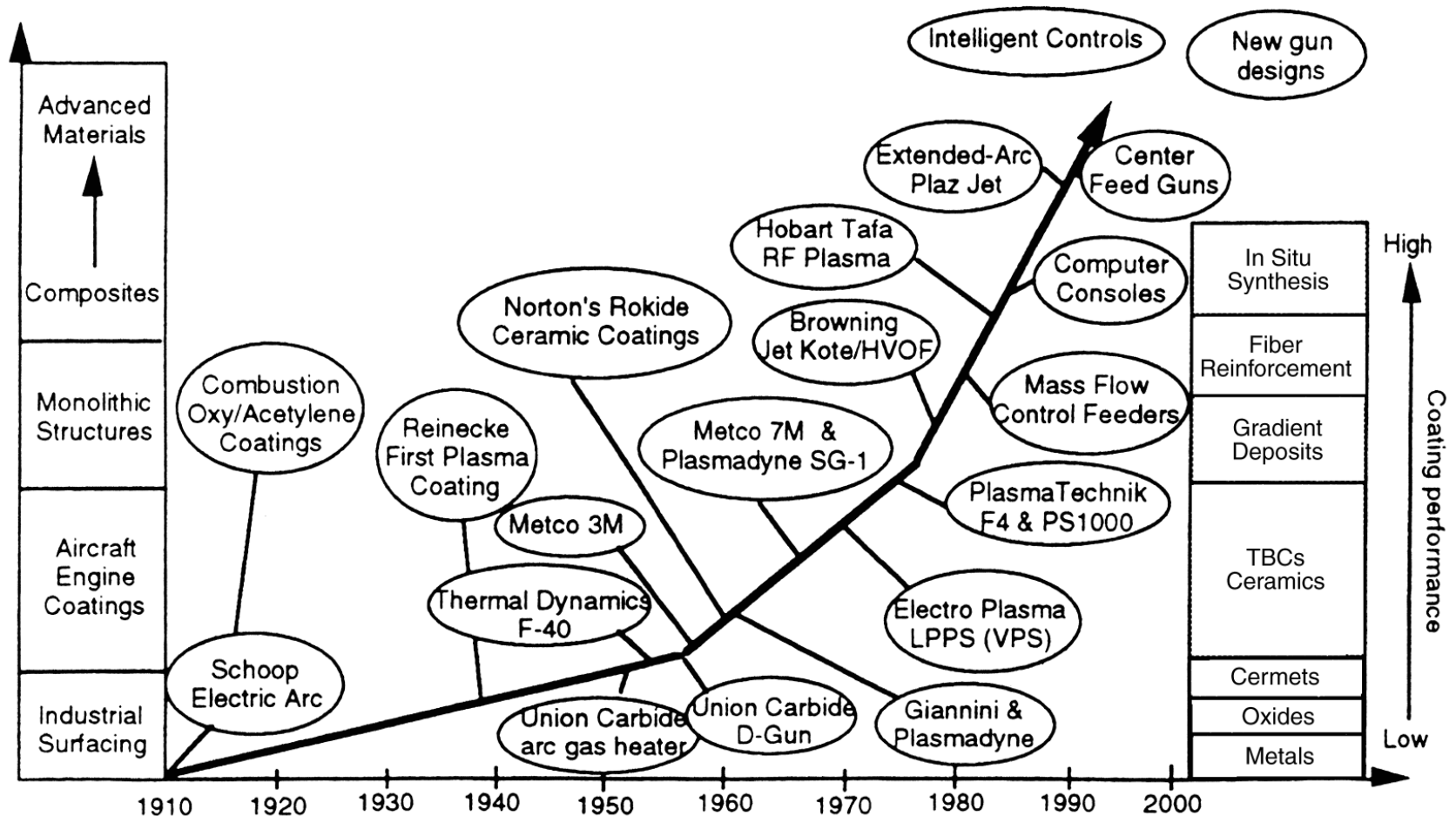
Proszki do natryskiwania cieplnego (HC STARK)

POWDER TYPE	Fused and crushed	Sintered and crushed	Agglomerated and sintered	Gas atomized	Water atomized	Dense coated	Spheroidized	Blended
								
PROCESS	Fusing in arc furnaces, followed by cooling and crushing	Sintering of raw materials, crushing	Spray drying of a suspension consisting of fine powders and organic binder and subsequent sintering	Atomizing molten metal or alloy with high pressure gas (Ar, N ₂) stream into a chamber	Atomizing with water into a chamber and subsequent drying	Reduction of a metal salt solution	Feeding of agglomerates using a plasma flame to produce spherical shaped particles	Mixing of 2 or more powders
CHARACTERISTICS	Blocky, irregular, dense	Blocky, irregular, relatively dense	Spherical, porous, constituents homogeneously distributed	Spherical, dense, high purity, low oxygen content	Irregular, dense, increased oxygen content compared to gas atomized	Blocky or irregular composite	Spherical, porous or hollow, partly open (shells)	Different morphologies, segregation possible
EXAMPLES	Al ₂ O ₃ ; Cr ₂ O ₃ ; ZrO ₂ -Y ₂ O ₃	WC-Co; WC-CoCr	WC-Co Cr; Cr ₃ C ₂ -NiCr; ZrO ₂ -Y ₂ O ₃	MCrAlY; Ni-, Co-base alloys; NiAl	NiCr; NiAl	Ni-Graphite	ZrO ₂ -Y ₂ O ₃	NiSF + WC-Co; Mo + NiSF; Cr ₃ C ₂ -NiCr

Historia



Rozwój natryskiwania ciepłego



Rynek natryskiwania cieplnego

Market segment	Market value (in U.S. dollars)
OEM/end users	1,400,000,000
Large coating service companies	800,000,000
Small coating service companies	600,000,000
Powder/equipment sales	700,000,000
Estimated total market	3,500,000,000

Source: Ref 5

Podział procesów natryskiwania cieplnego

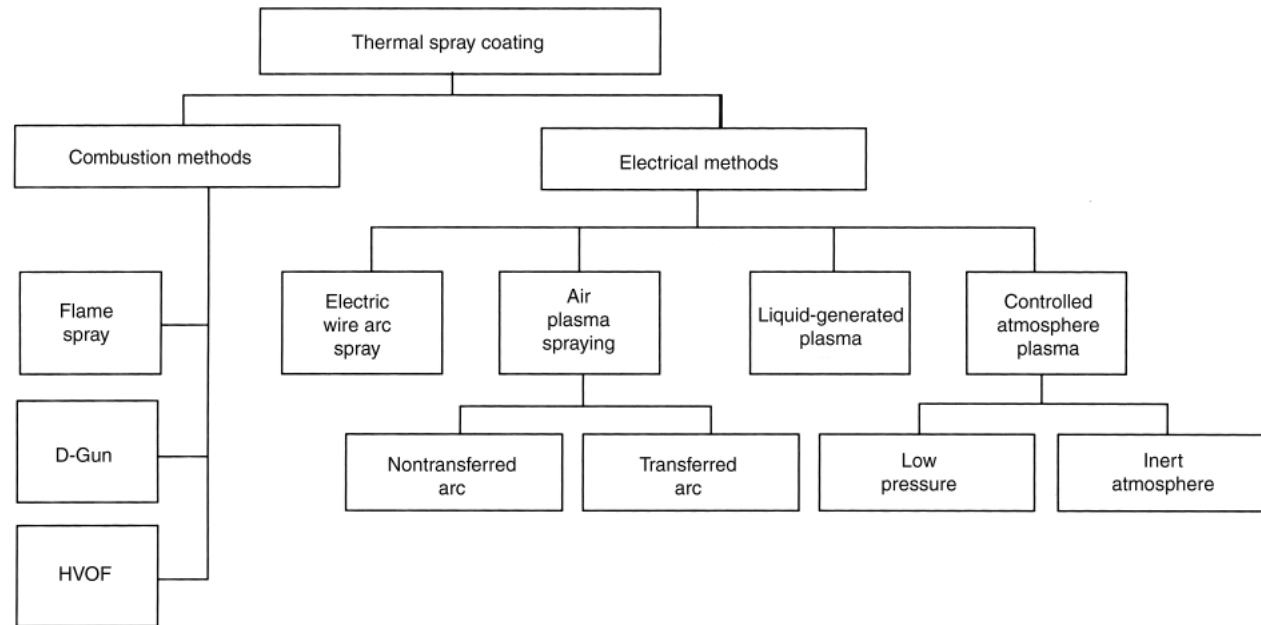
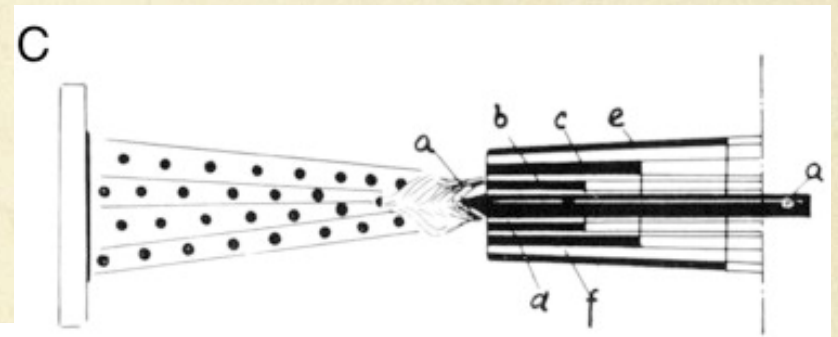
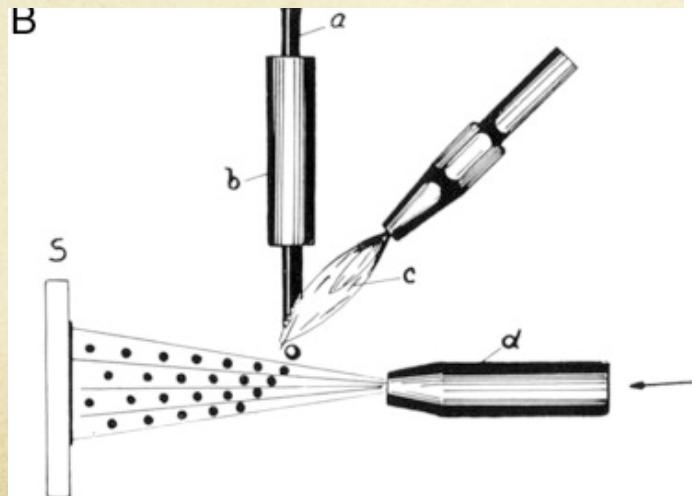
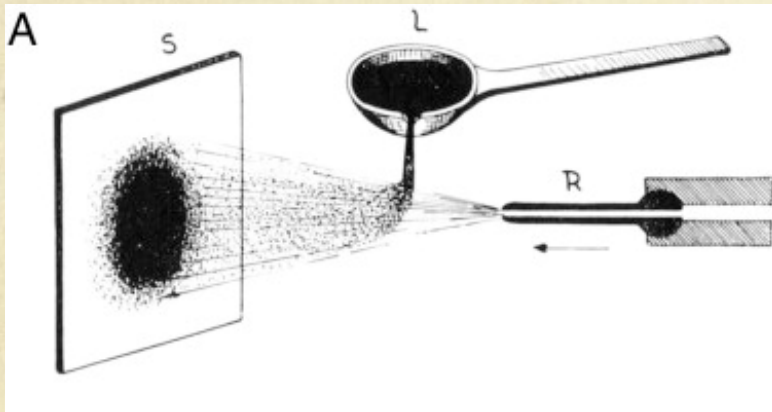


Fig. 20 Hierarchy of thermal spray processes. D-Gun, detonation gun (Praxair Surface Technologies); HVOF, high-velocity oxyfuel

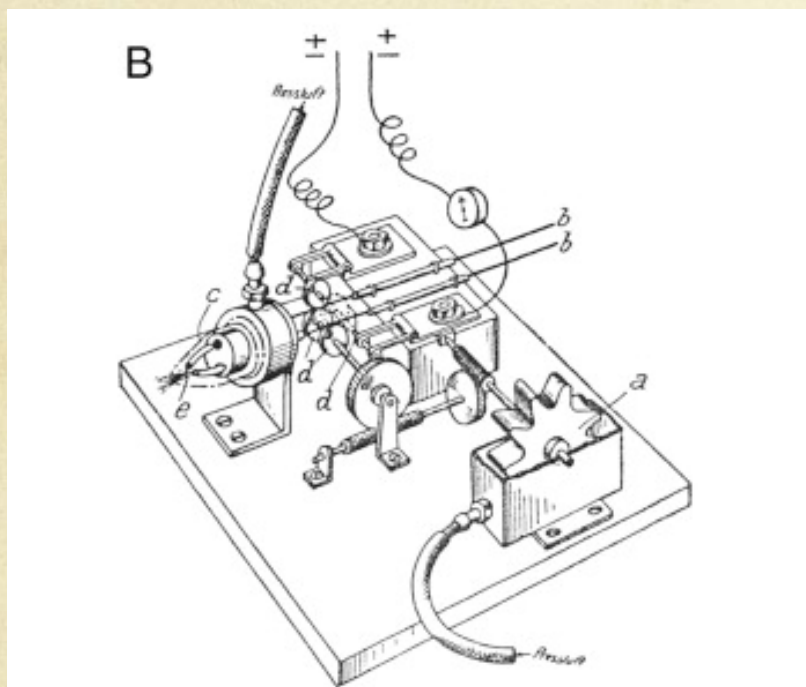
Pierwsze pomysły na metalizację



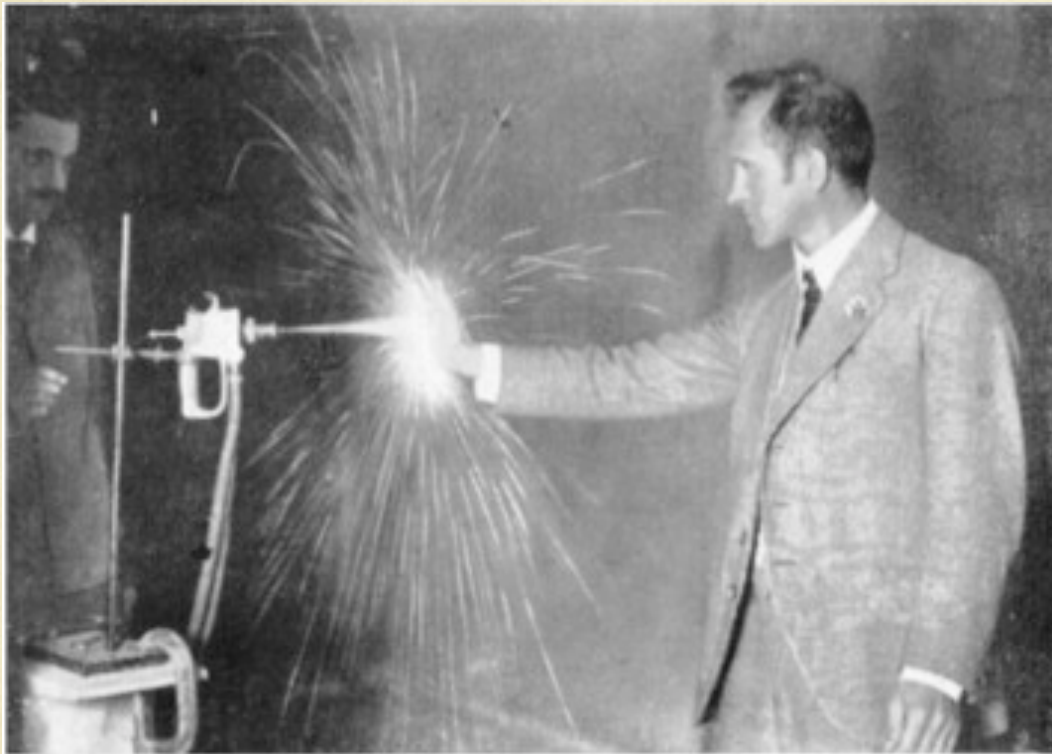
Naprawa silnika lotniczego przez metalizację (Schoop, 1928)



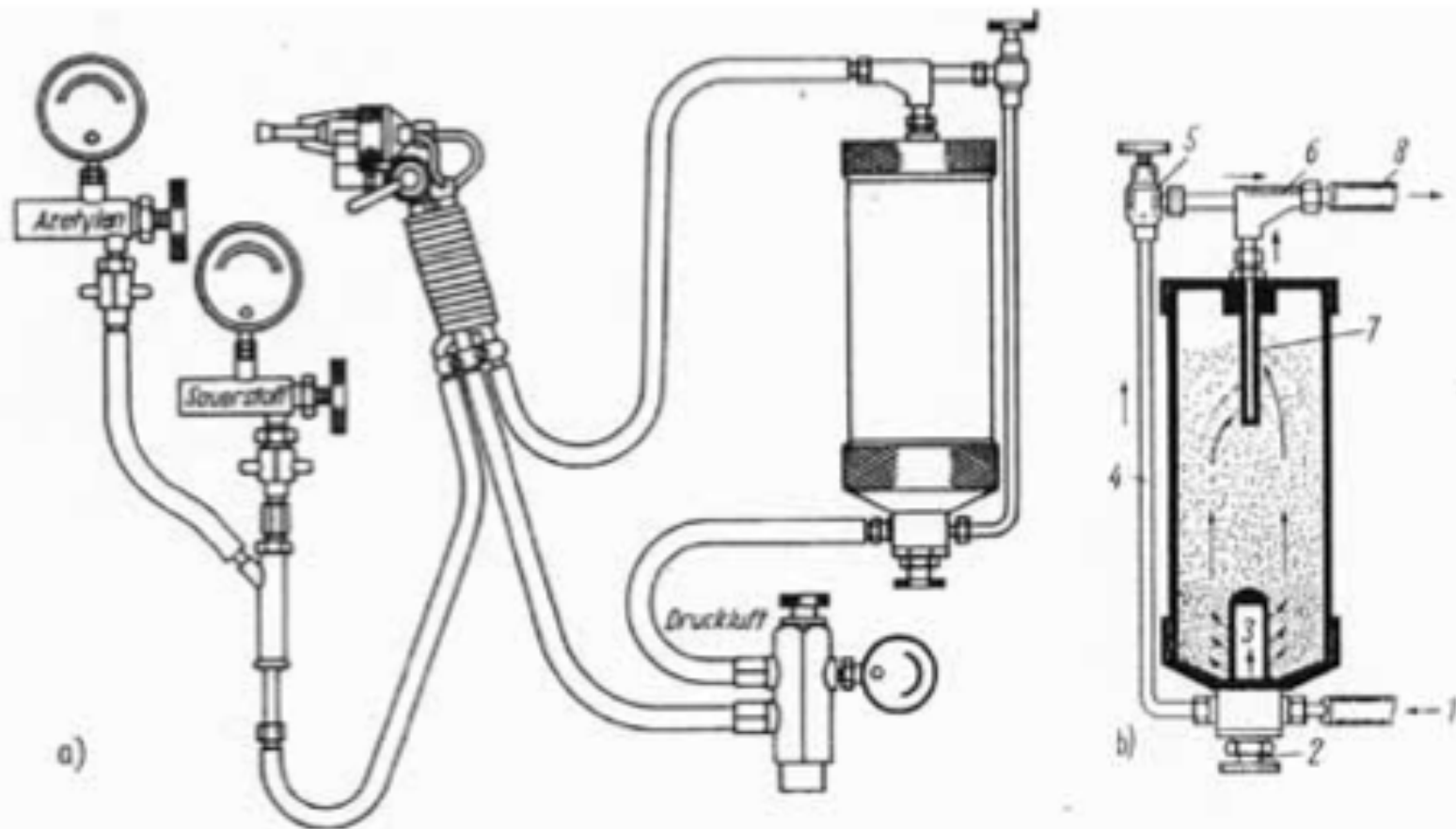
Pierwszy palnik do natryskiwania łukowego



Max Ulrich Shoop – ojciec natryskiwaniania cieplnego

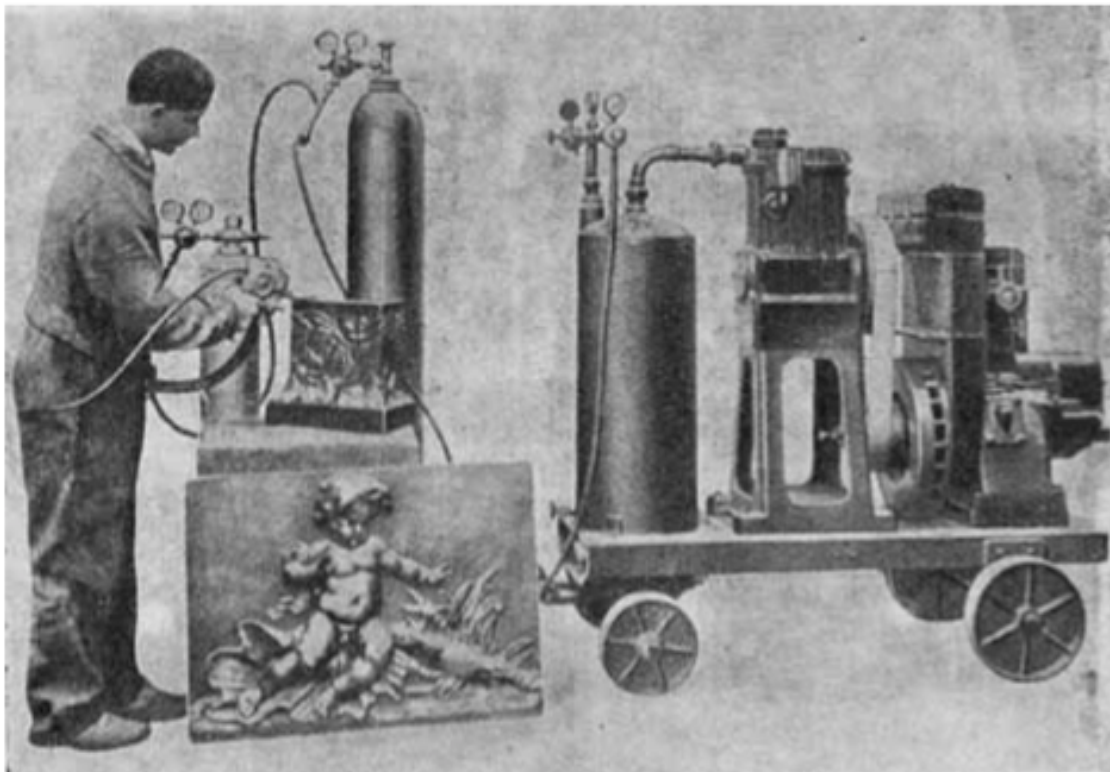


Rozwiązania Schoopa



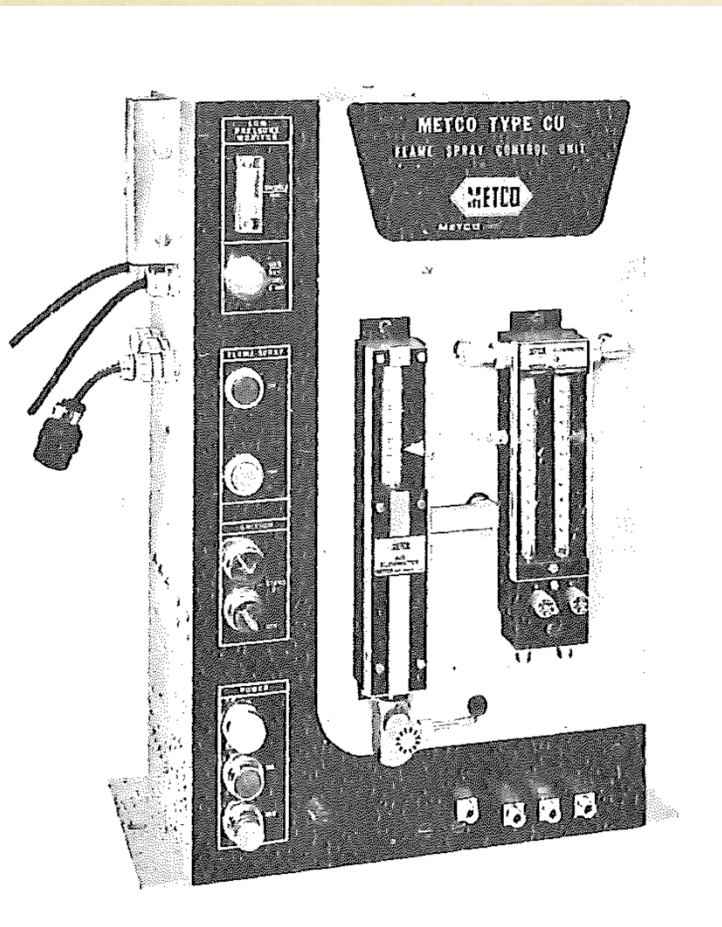
Rys. 4. Schemat pistoletu Schoopa do natryskiwania proszkiem [29]

Mobilne stanowisko do natryskiwania – lata 20

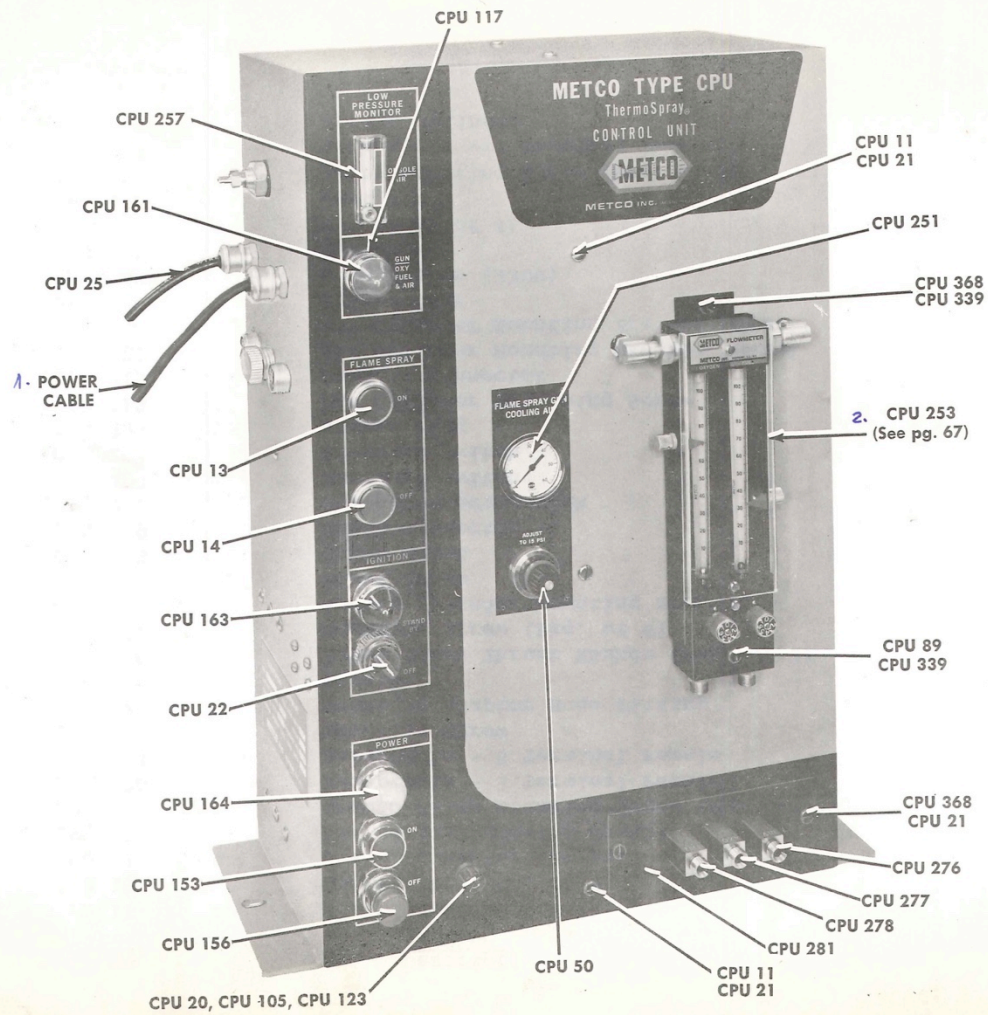


Rys. 6. Mobilne stanowisko do natryskiwania z końca lat 20. ub.w
[13]

Konsole półautomatyczne CP i CPU



Schemat konsoli



Współczesne stanowisko mobilne do natryskiwania

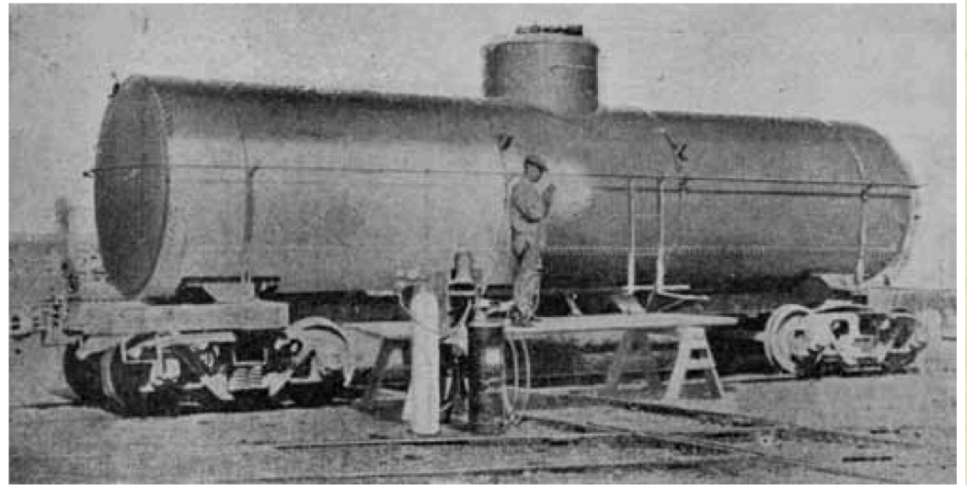


Historia metalizacji



Rys. 7. Cynkowanie wrót
śluzy Vauban koło Strass-
burga [30]

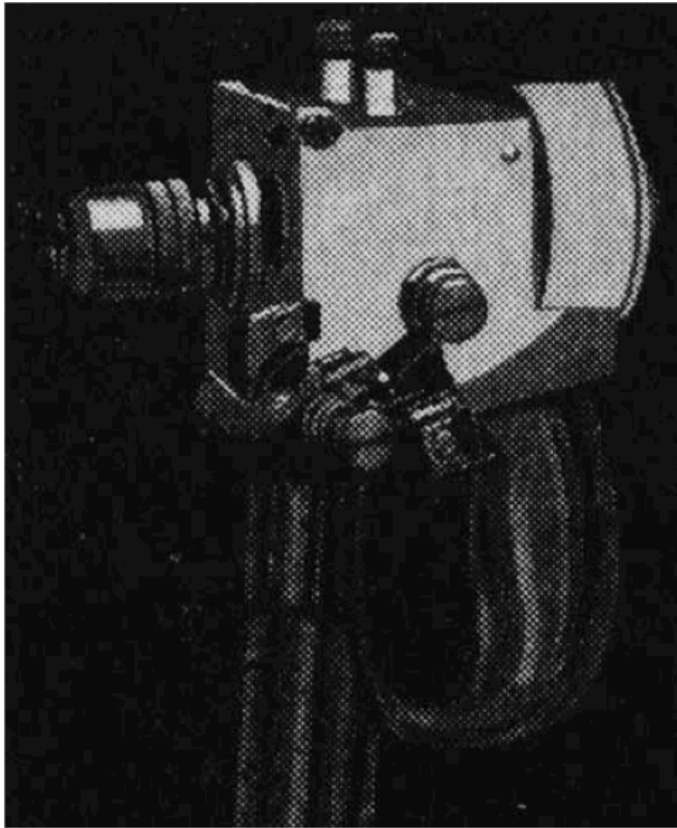
Fig. 7. Protecting of the
Vauban canal lock door by
Åame sprayed zinc layer
[30]



Rys. 8. Cynkowanie cysterny kolejowej [13]

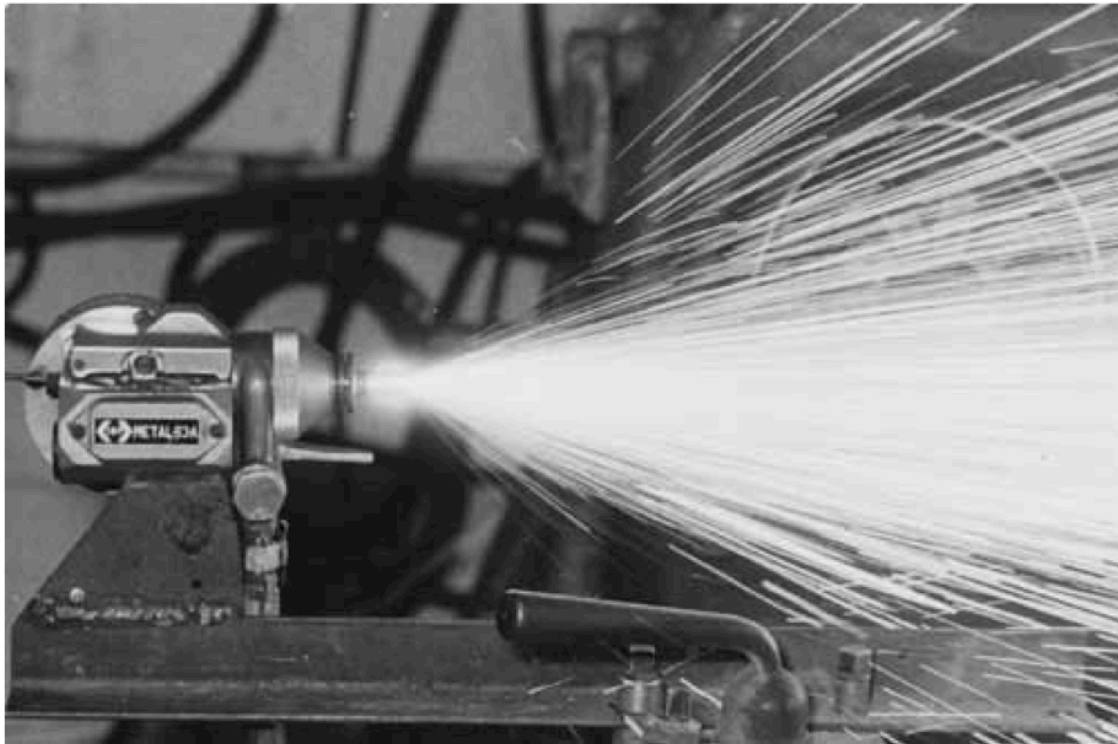
Fig. 8. Spaying of the zinc layer on the railroad tank [13]

Historia metalizacji



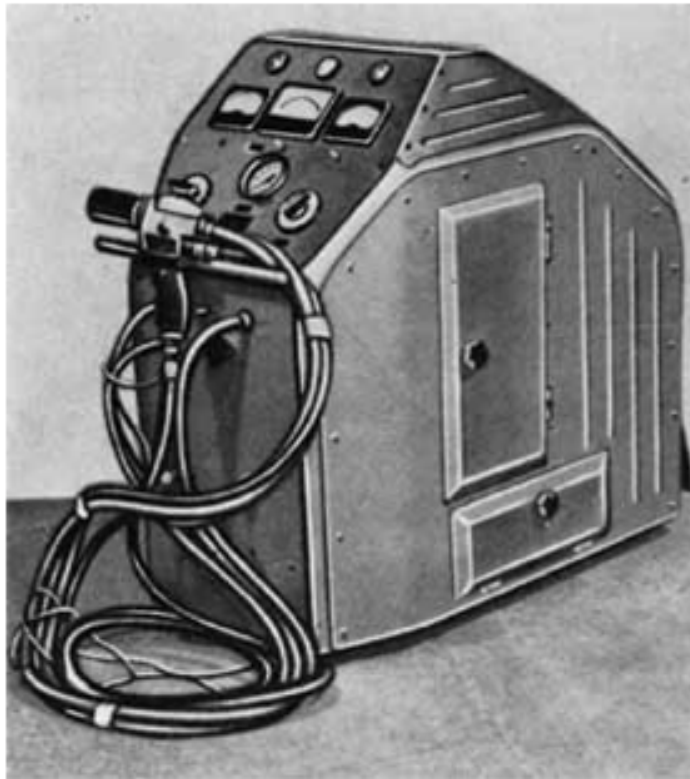
Rys. 13. Pierwsza seryjna głowica do natryskiwania łukowego [29]
Fig. 13. First series arc spraying gun [29]

Metalizacja w Polsce



Rys. 11. Pistolet Metal 63A podczas natryskiwania aluminku niklu.
Fot. T. Szulc

Metalizacja w Polsce



Rys. 14. Polskie urządzenie do metalizacji łukowej PE-2 – szafa sterująca mieściła wewnątrz szpule z drutem [12]

Fig. 14. Polish arc spraying device PE-2 – the housing contains control panel, power source and wire feeding [21]

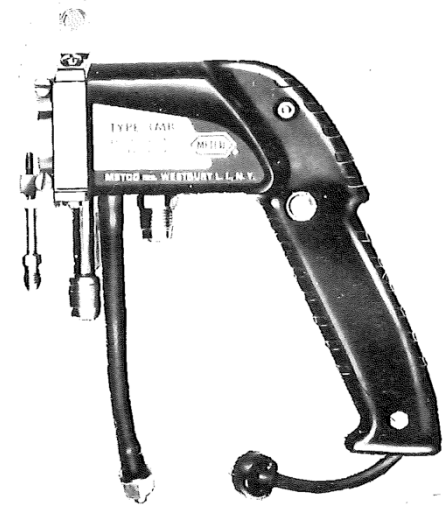
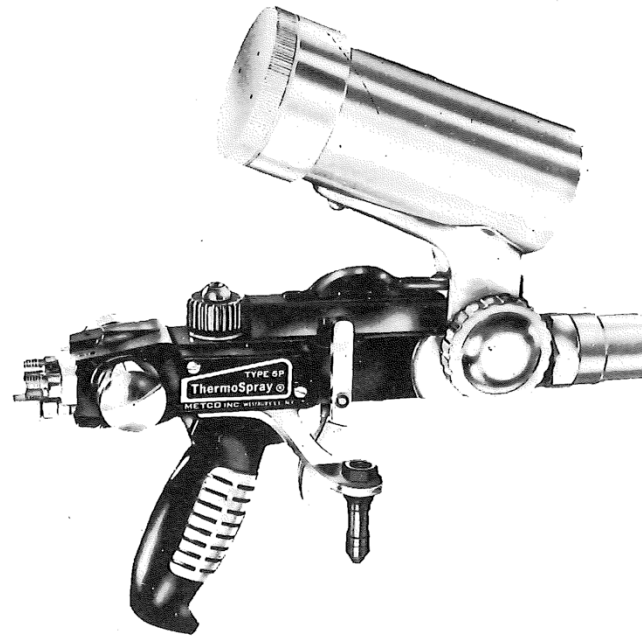
Natryskiwanie plazmowe



Rys. 18. Ręczne natryskiwanie plazmowe [9]

Fig. 18. Hand held plasma spraying gun [9]

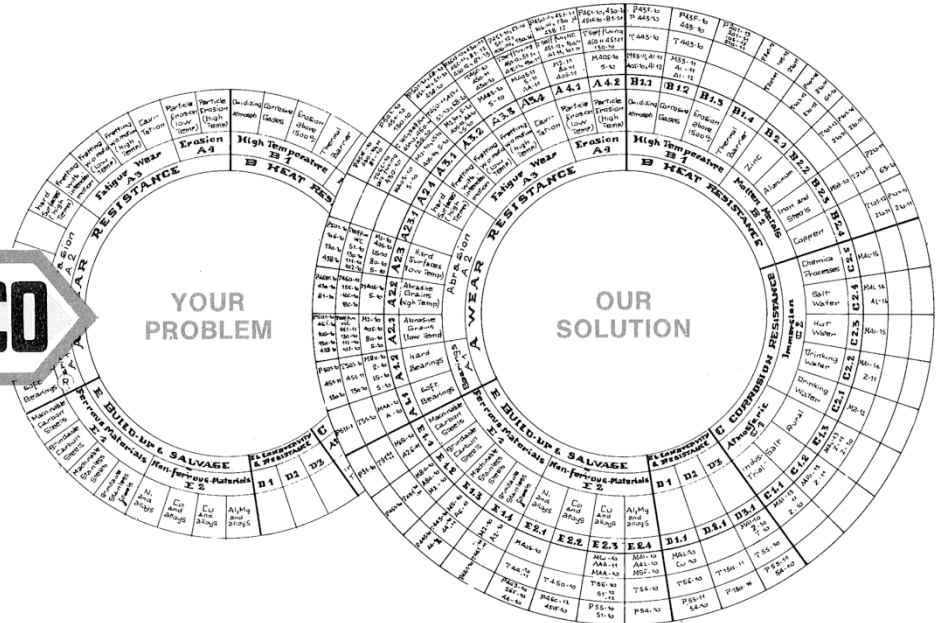
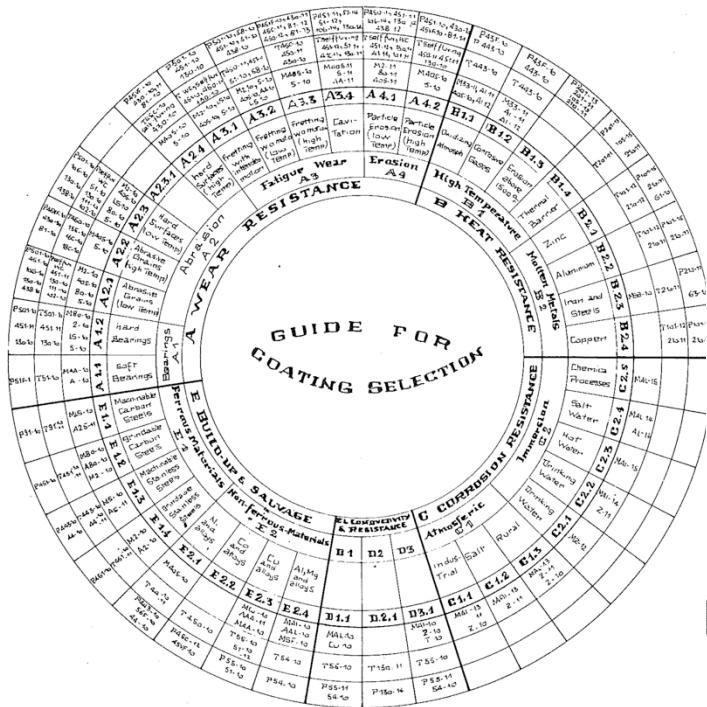
Historyczne palniki Metco



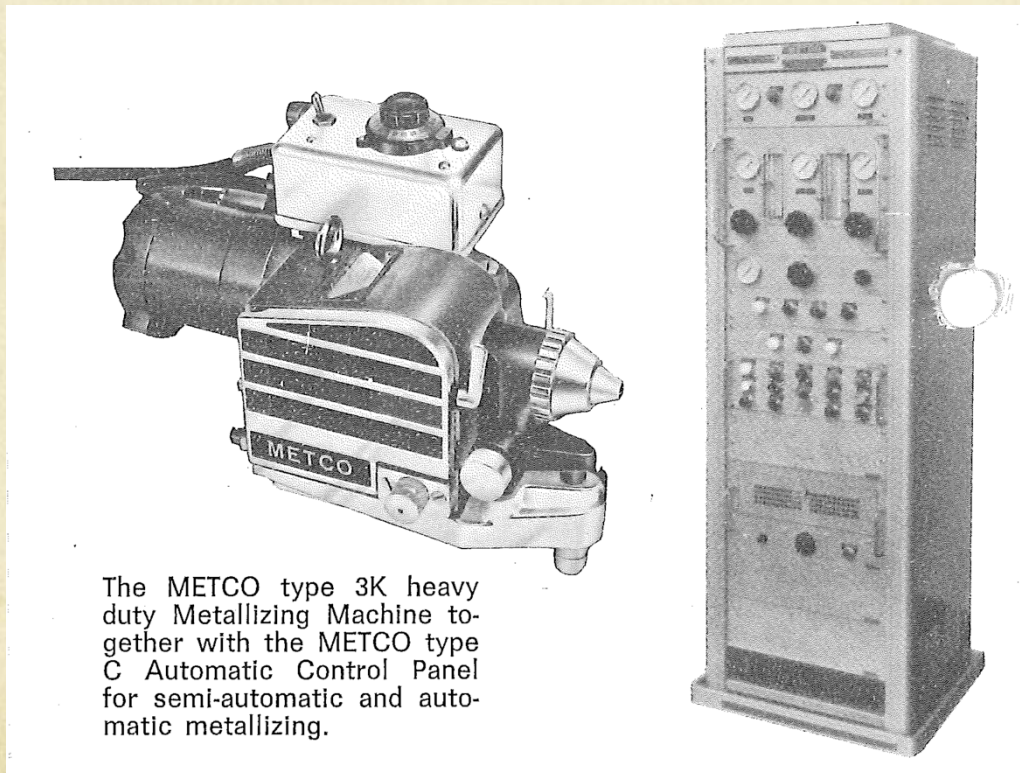
I ich współczesne odpowiedniki



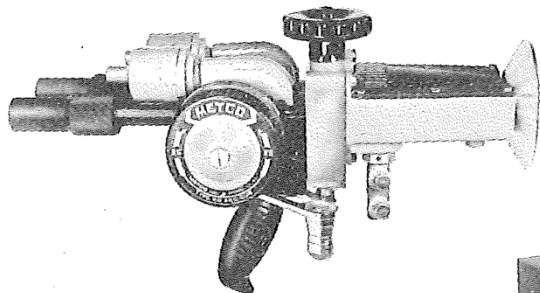
Zamiast komputerów



Półautomatyczne stanowisko do natryskiwania płomieniowego drutem

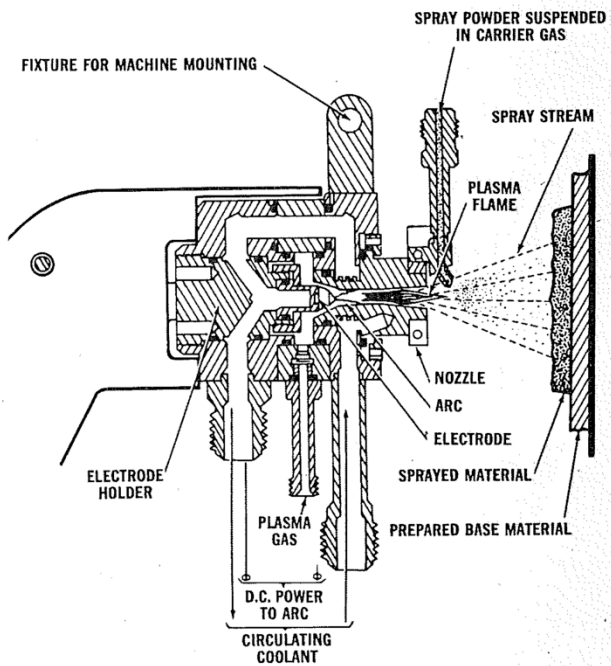


Półautomatyczne stanowisko do natryskiwania łukowego

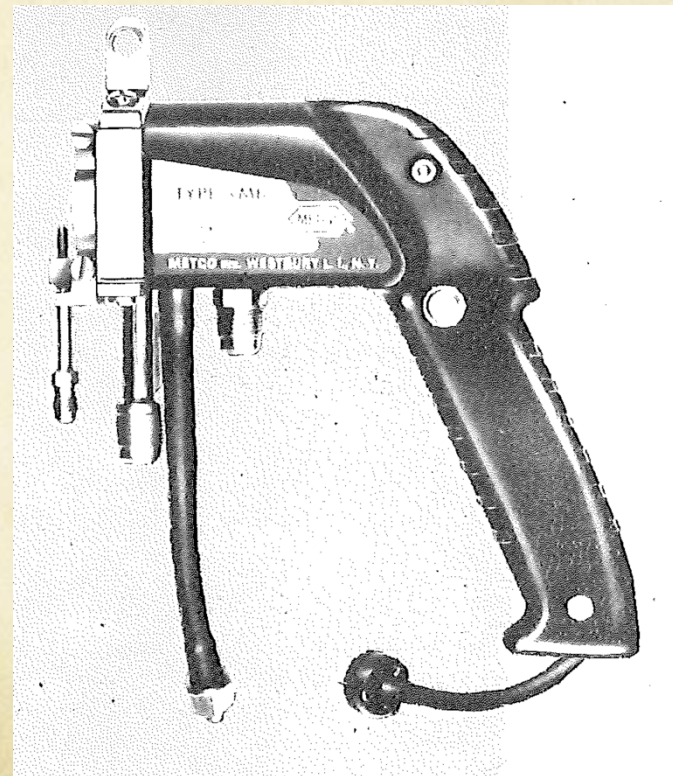


The METCO type RG Arc Metallizing System, ideal for high quantity production.

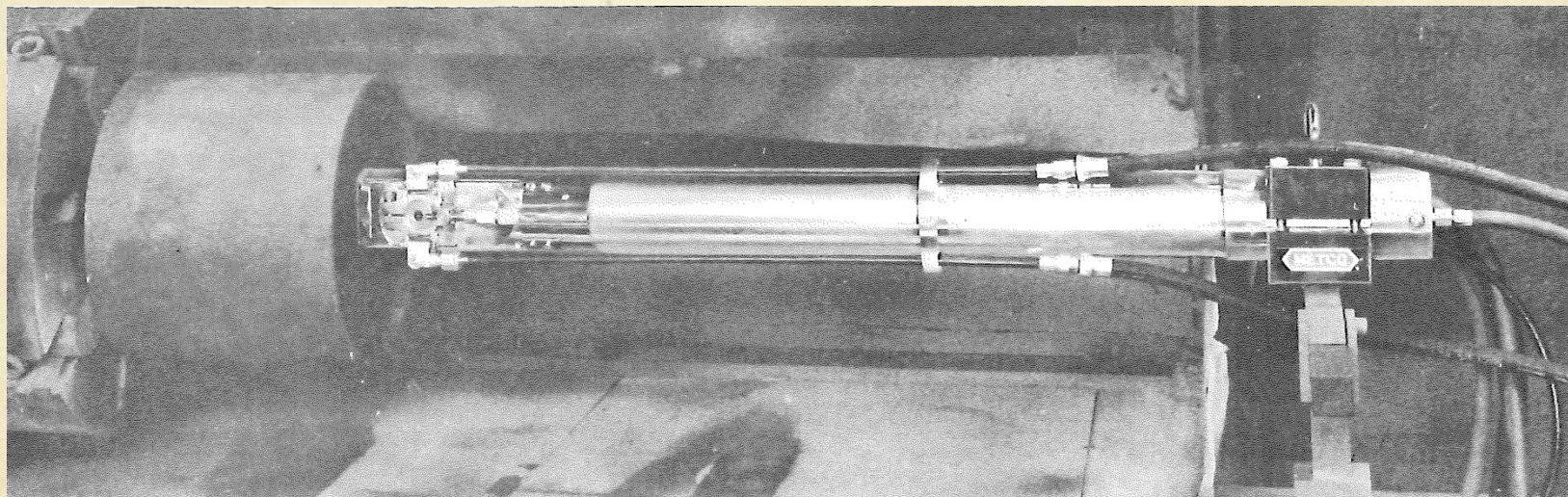


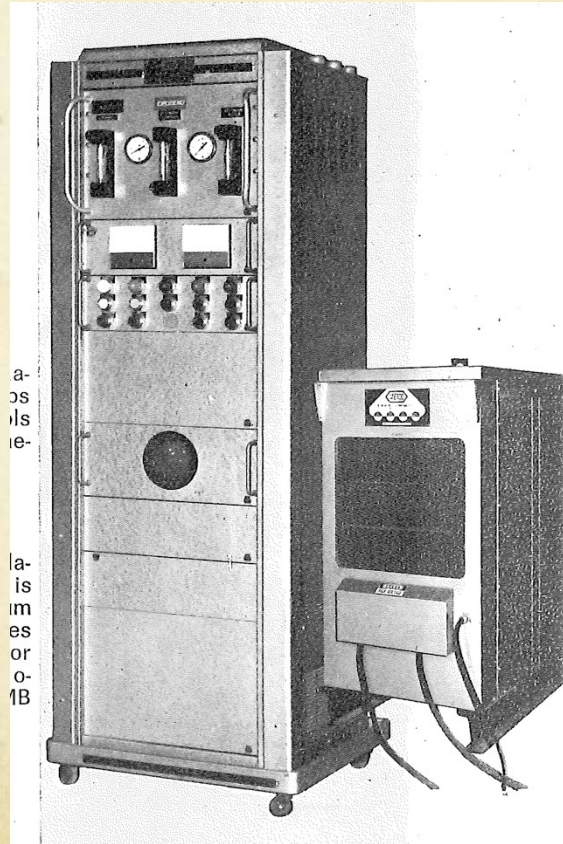
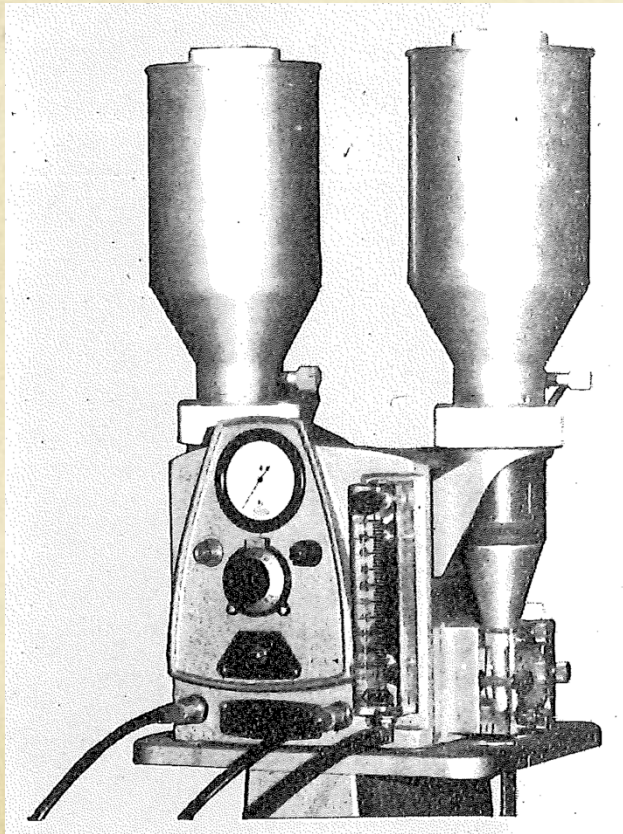


METCO TYPE 3MB PLASMA FLAME SPRAY GUN
CROSS SECTION



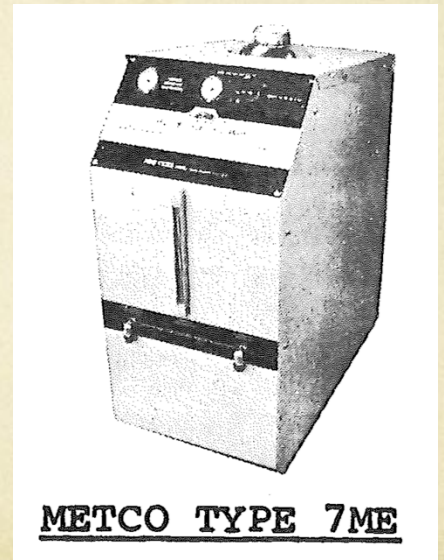
Wersja do otworów wewnętrznych





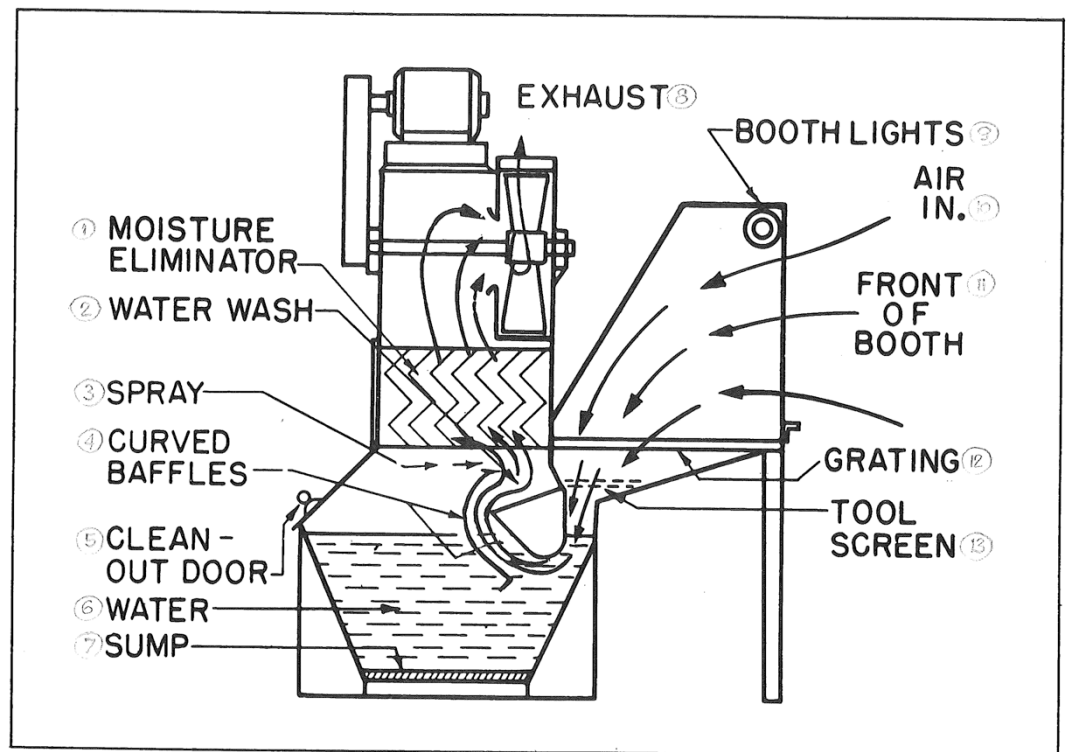
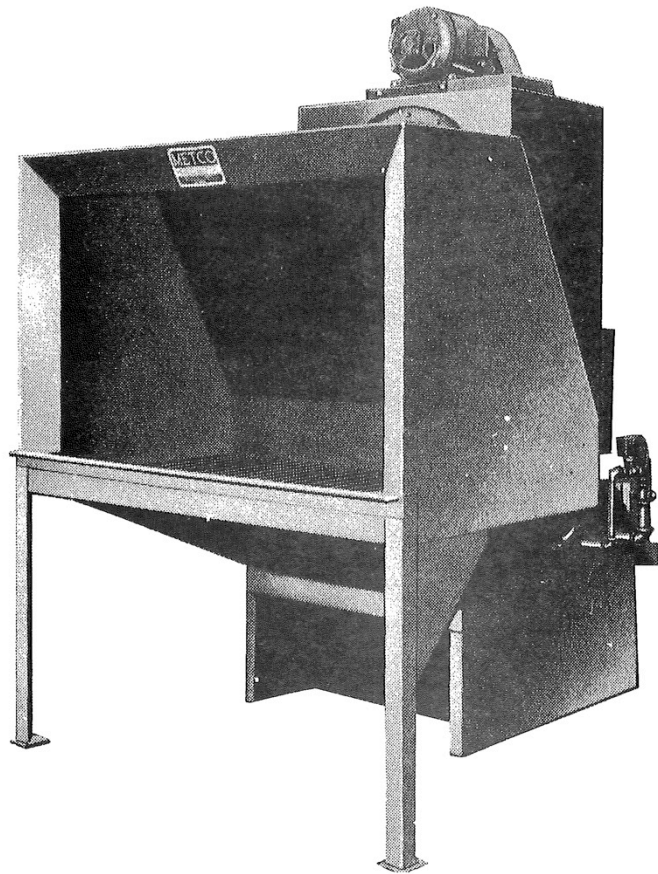
a-
os
ols
te-

la-
is
im
es
or
o-
1B



METCO TYPE 7ME

Kabina filtrująca wodna



① MOISTURE ELIMINATOR

② WATER WASH

③ SPRAY

④ CURVED BAFFLES

⑤ CLEAN - OUT DOOR

⑥ WATER

⑦ SUMP

EXHAUST ⑧

BOOTH LIGHTS ⑨

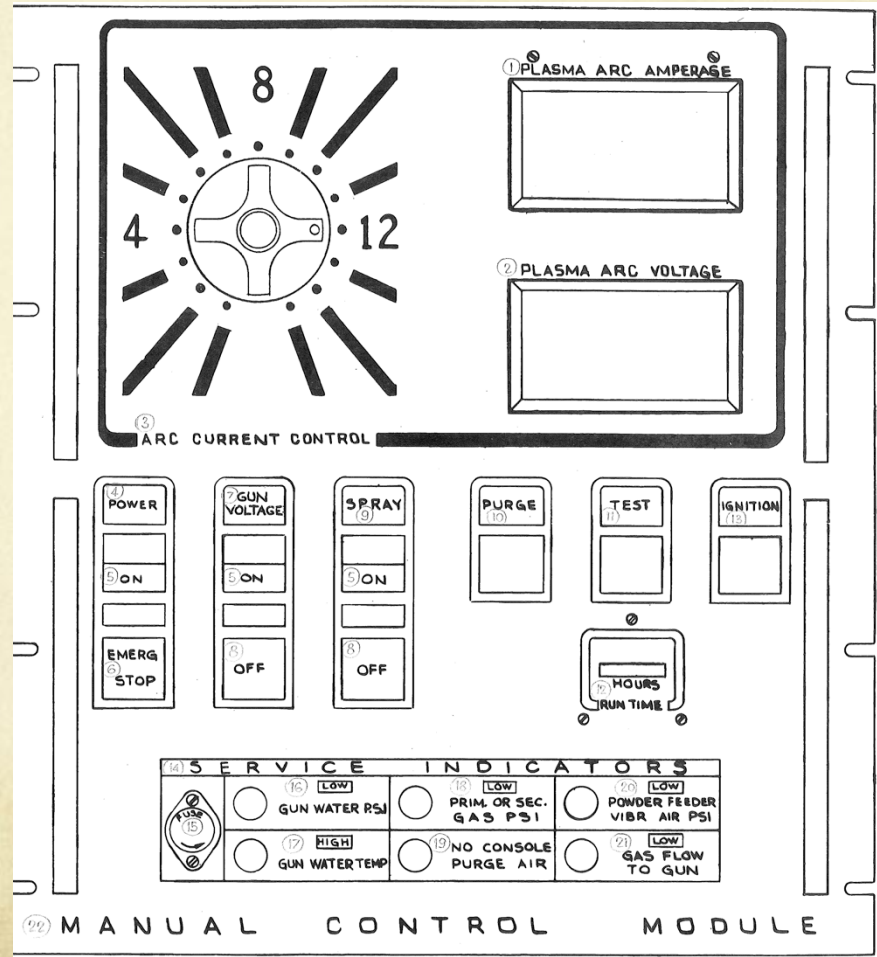
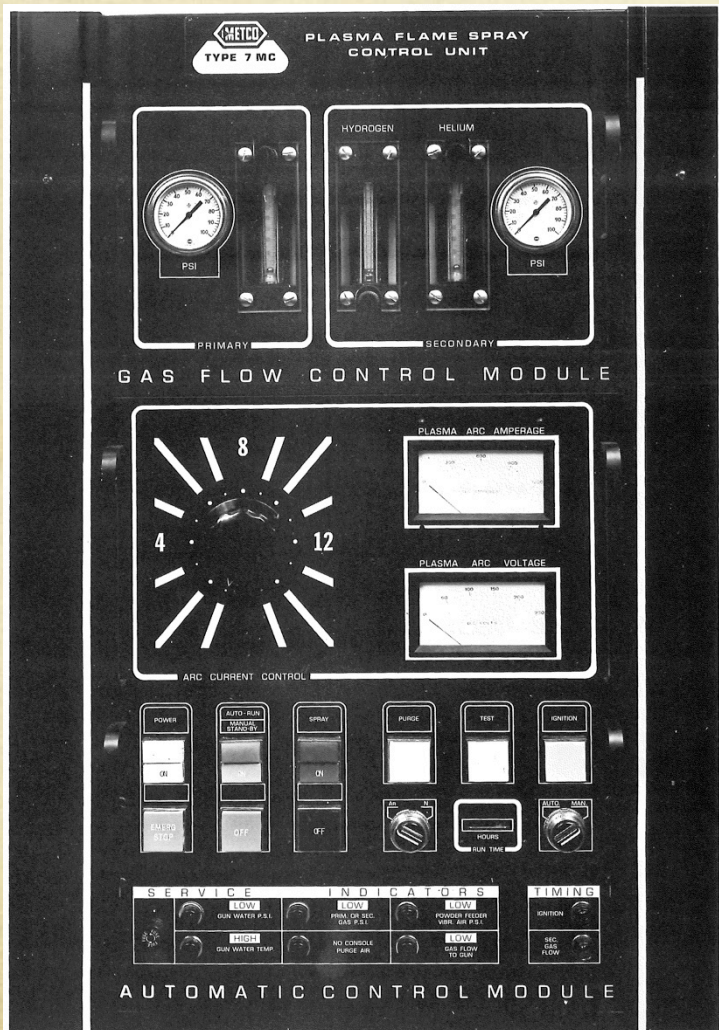
AIR IN. ⑩

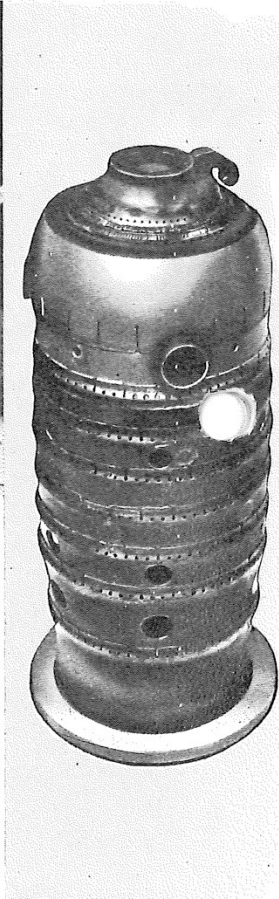
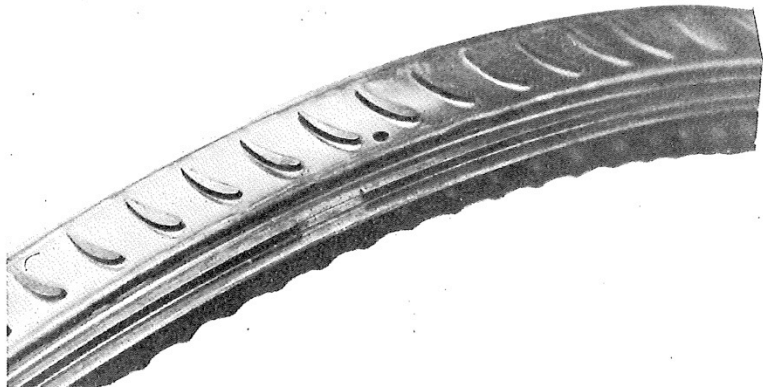
FRONT OF BOOTH ⑪

GRATING ⑫

TOOL SCREEN ⑬

Konsola 7MC





Parametry natryskiwania

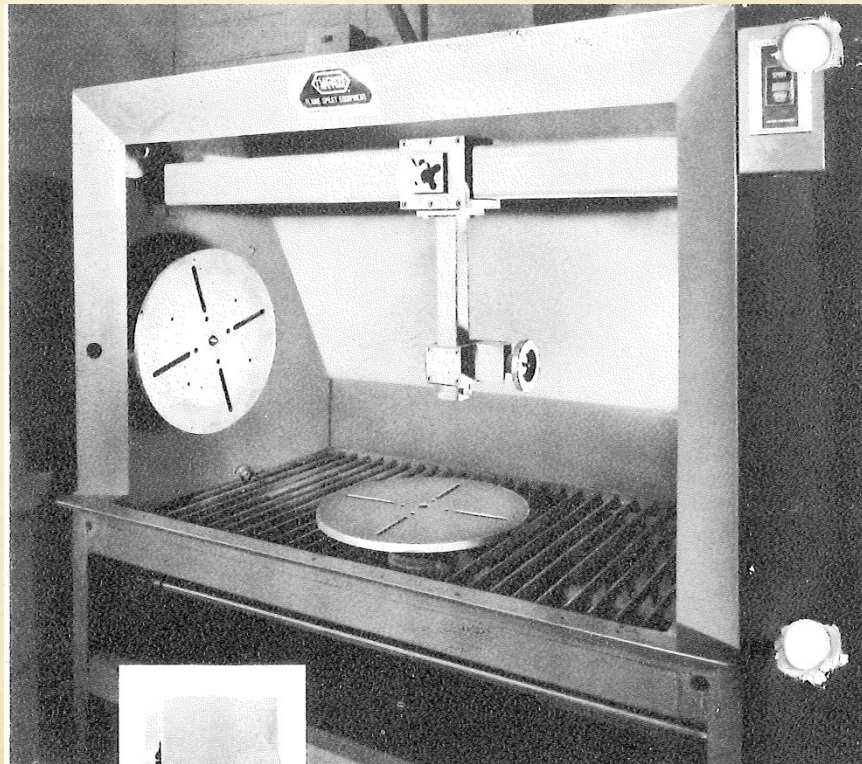
TABLE 1
NITROGEN/HYDROGEN
SPRAYING TABLE
METCO TYPE 7M PLASMA FLAME SPRAY SYSTEM
USING
3M TYPE NOZZLES
STANDARD COATINGS
(NOTE 1)

METCO POWDER NO.	NOZZLE	POWDER PORT	METER WHEEL	WHEEL RPM (12)	PLASMA GAS FLOW (2)		ARC CURRENT DC AMPS	ARC VOLTAGE DC VOLTS (11)	CARRIER FLOW	SPRAY DISTANCE INCHES	SPRAY RATE lbs/hr. (13)	D.E.% (14)
					N ₂	H ₂						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
31C	G	#1	S	34	100	15	400	70-80	37	4-6	18	80
32C	G	#1	S	30	100	15	400	70-80	37	4-6	18	80
34F	GE	#2	S	21	150	10	400	75-85	37	6	9	80
34FP	G	#1	S	30	100	15	400	70-80	37	4-6	16	80
41C, 41C-NS	G	#1	S	40	100	15	400	70-80	37	4-6	14½	80
41F(4) 41F-NS	GE	#2	S	35	150	5	400	70-80	37	2-2½	9½	75
42C	G	#1	S	40	100	15	400	70-80	37	4-6	17	80
43C, 43C-NS	G	#1	S	40	100	15	400	70-80	37	4-6	19	80
43F-NS	G	#1	S	35	100	15	400	70-80	37	4-6	16	80
44	G	#1	S	40	100	15	400	70-80	37	4-6	20	80
45C-NS	G	#1	S	40	100	15	400	70-80	37	4½-5½	15	75

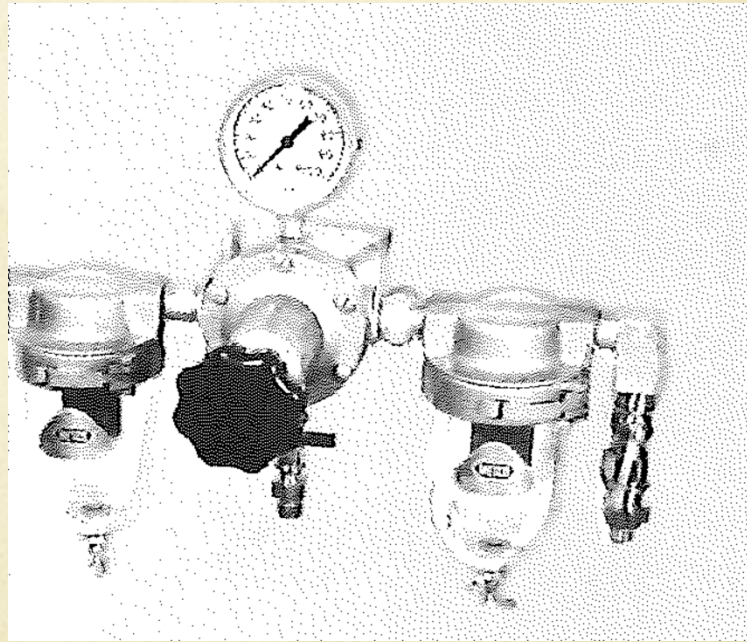
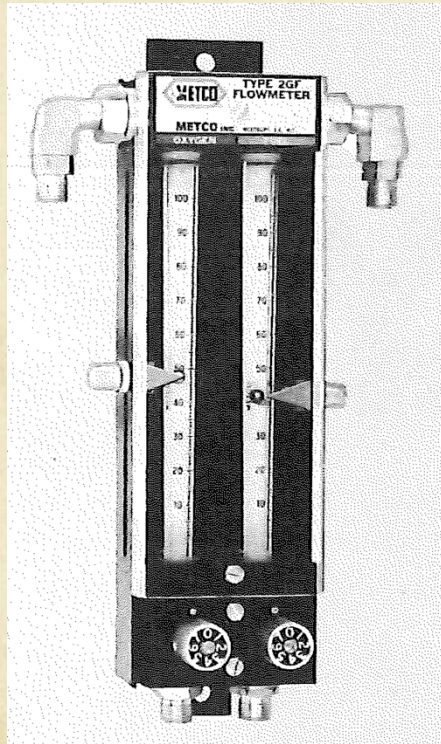


METCO TYPE N GUN

The Plasma Flame Spray Process often requires the application of a bond of coating using METCO Powder 450; such coating can be easily applied with the METCO type N Gun, which for this purpose is supplied as a part of the Plasma Flame Spray Installation.



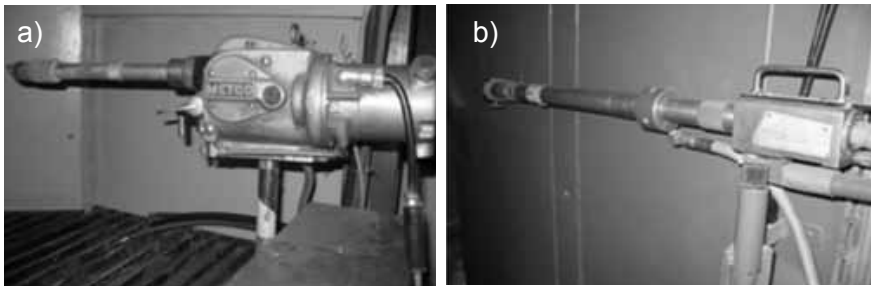
Akcesoria do natryskiwania płomieniowego- historyczne



Akcesoria do natryskiwania płomieniowego-współczesne



Pierwsze stanowisko do natryskiwania w WSK PZL Rzeszów



Rys. 3. Pistolety do natryskiwania: a) płomieniowego 3K, b) plazmowego 7 MB

Fig. 3. Spraying guns: a) for flame spraying 3K, b) for plasma spraying 7MP



Rys. 4. Podajnik proszku 3M oraz pistolet 6P stosowane w procesie natryskiwania płomieniowego

Fig. 4. Powder supplier 3M and gun 6P used in flame spraying

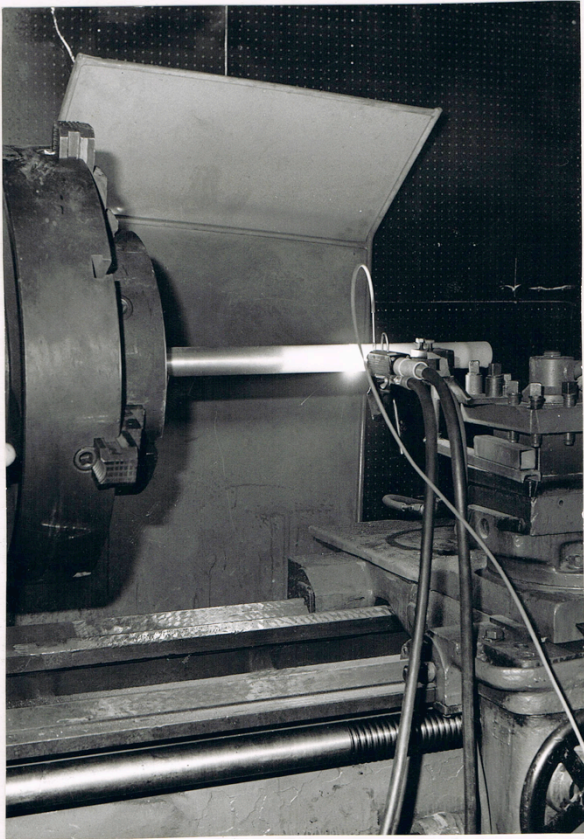


Rys. 2. Szafa sterownicza 7MR
Fig. 2. 7MR Control box

System A3000



Polski palnik plazmowy PLANCE PN-120

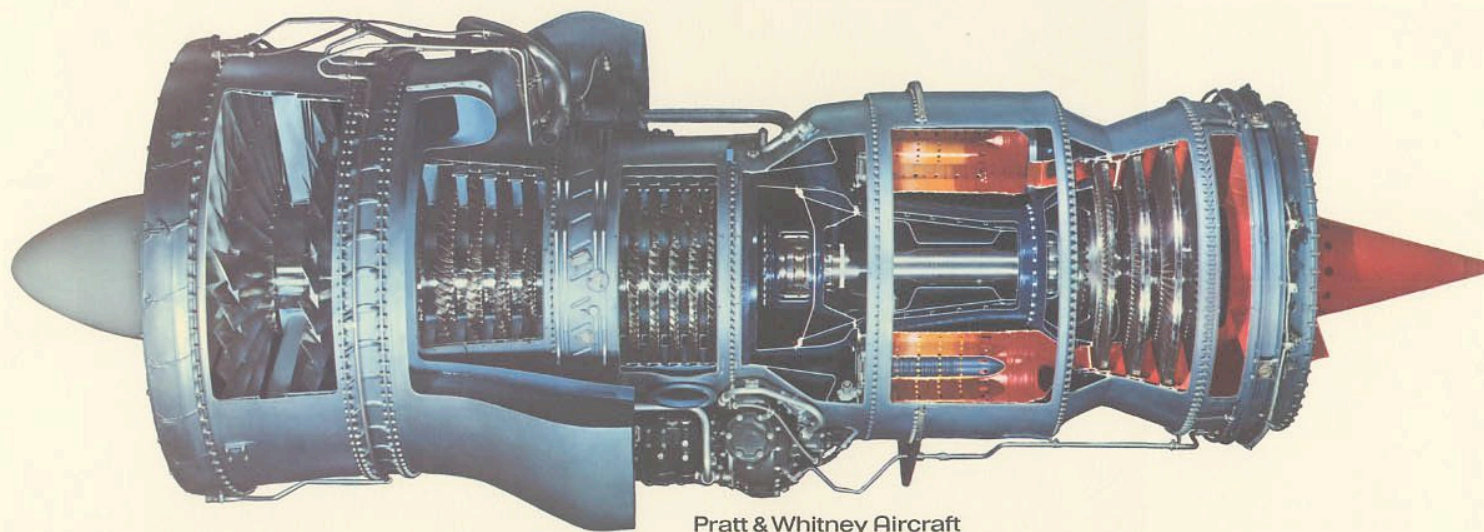


Rys. 9 Widok palnika plazmowego PN 120 w trakcie pracy

Platowiec – Boeing B-52



Silnik odrzutowy JT3D



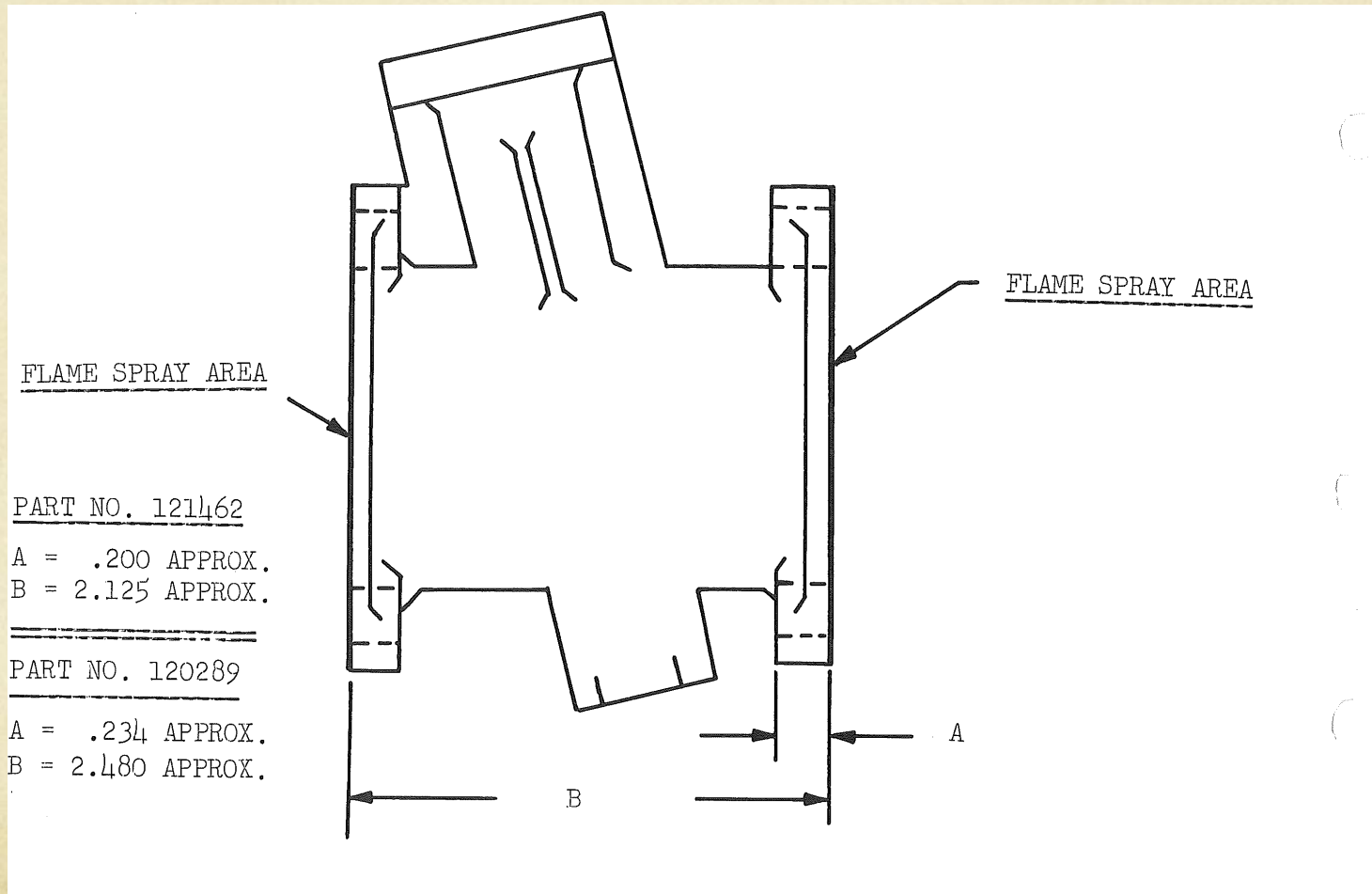
Pratt & Whitney Aircraft

JT3D TURBOFAN ENGINE

Rodzaj procesu: APS

Rodzaj proszku: stal nierdzewna – Metco 42C

Cel stosowania Odbudowa do oryginalnej średnicy

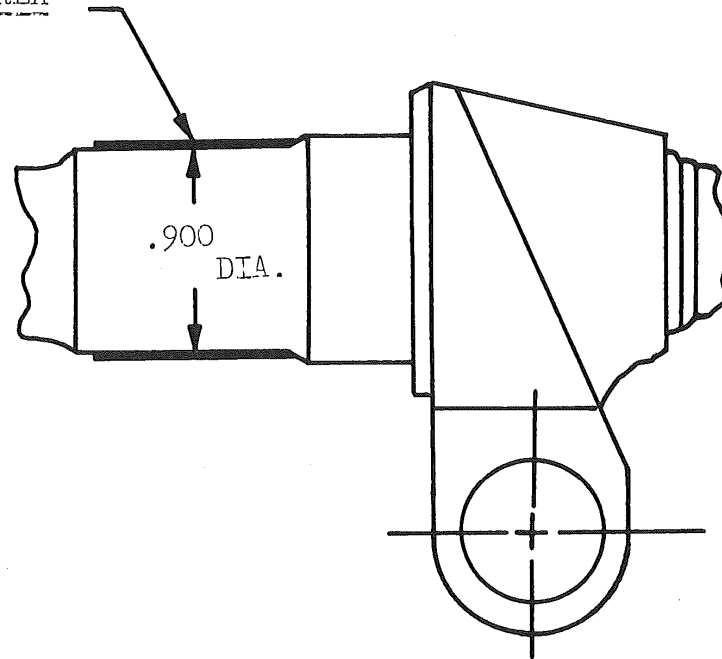


Rodzaj procesu: APS

Rodzaj proszku: 75CrC/25NiCr – Metco 81-NS

Cel stosowania: Odbudowa do oryginalnej średnicy

FLAME SPRAY AREA

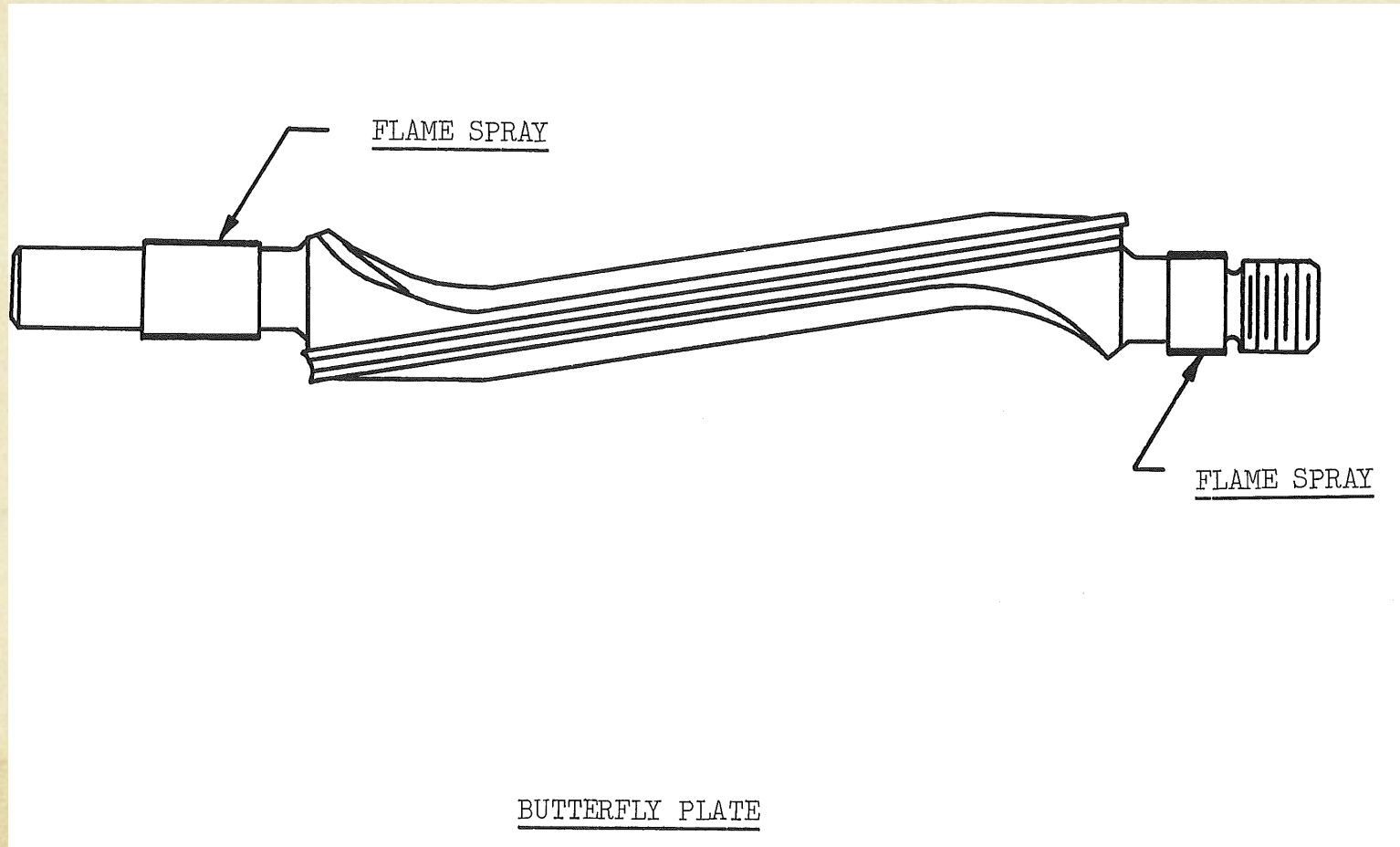


NO. 6 BEARING SUPPORT ROD ASSEMBLY

Rodzaj procesu: APS

Rodzaj proszku: Metco 404 – Nickel Aluminide

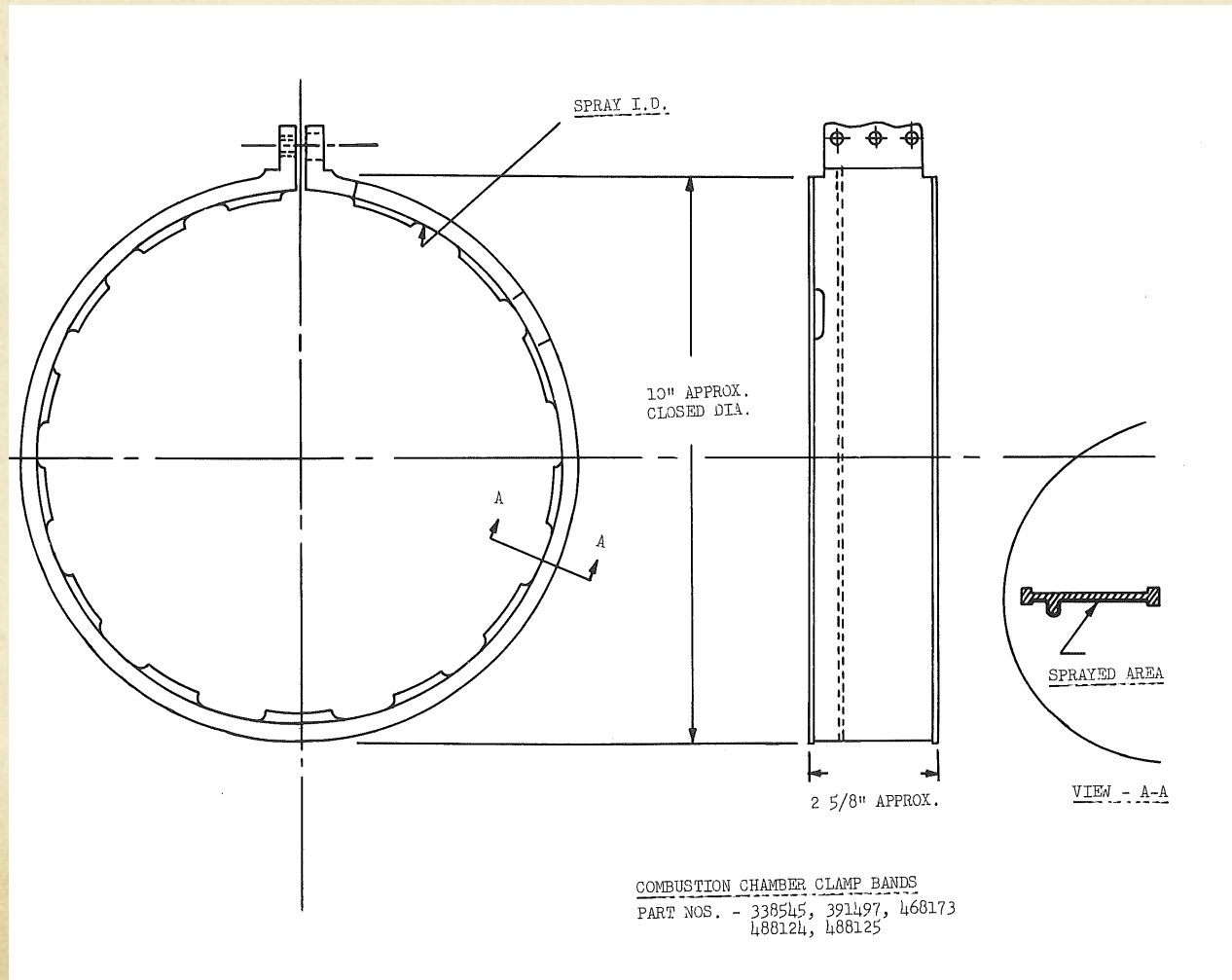
Cel stosowania: Odbudowa do oryginalnych wymiarów



Rodzaj procesu: APS

Rodzaj proszku: Metco 404 – nikiel aluminium, Metco 43C

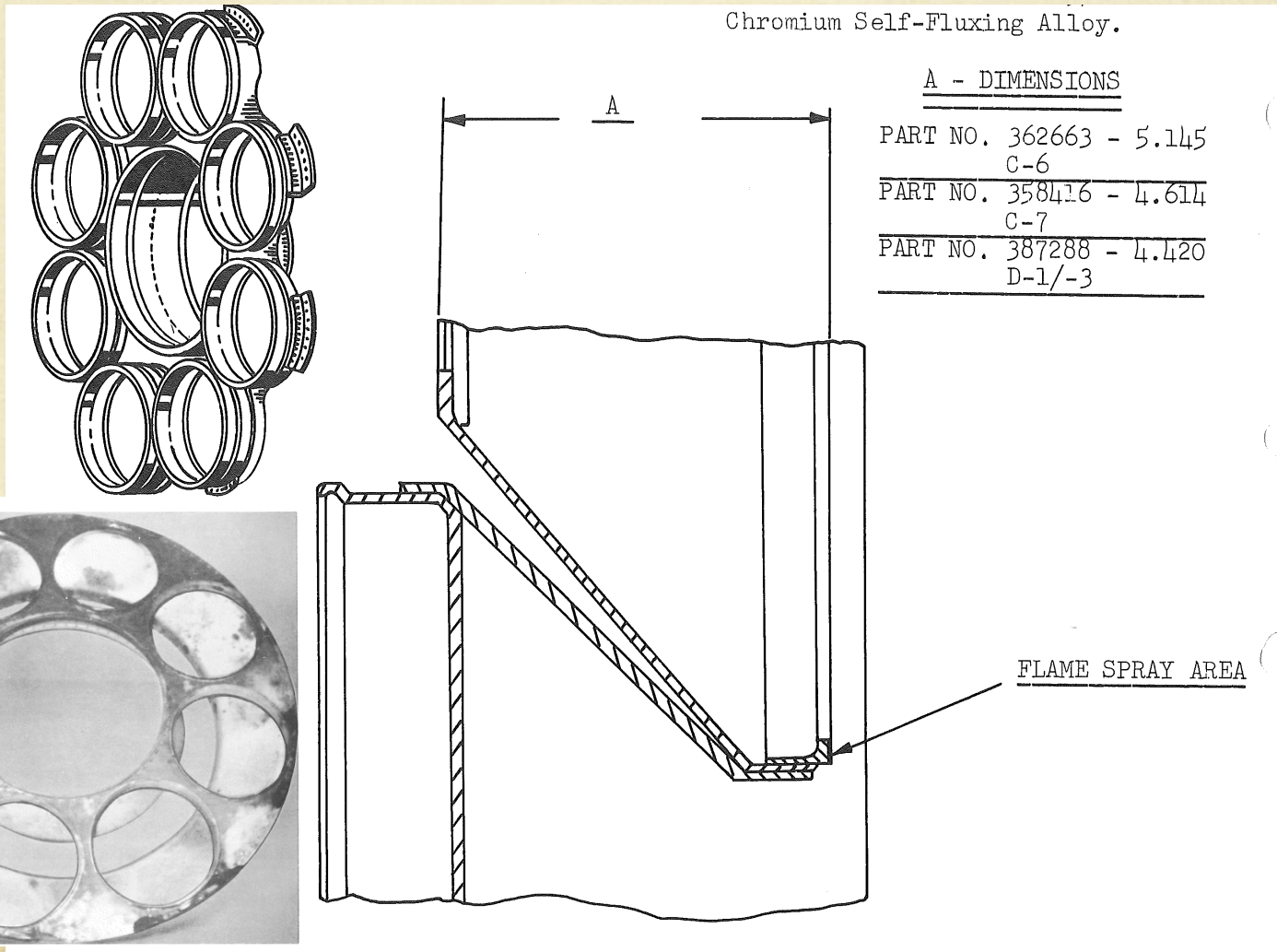
Cel stosowania: Odbudowa do oryginalnej średnicy



Rodzaj procesu: APS

Rodzaj proszku: Mieszanka 75% mas Metco 404 NiAl+25%
mas. NiCr self-flux Metco 12C

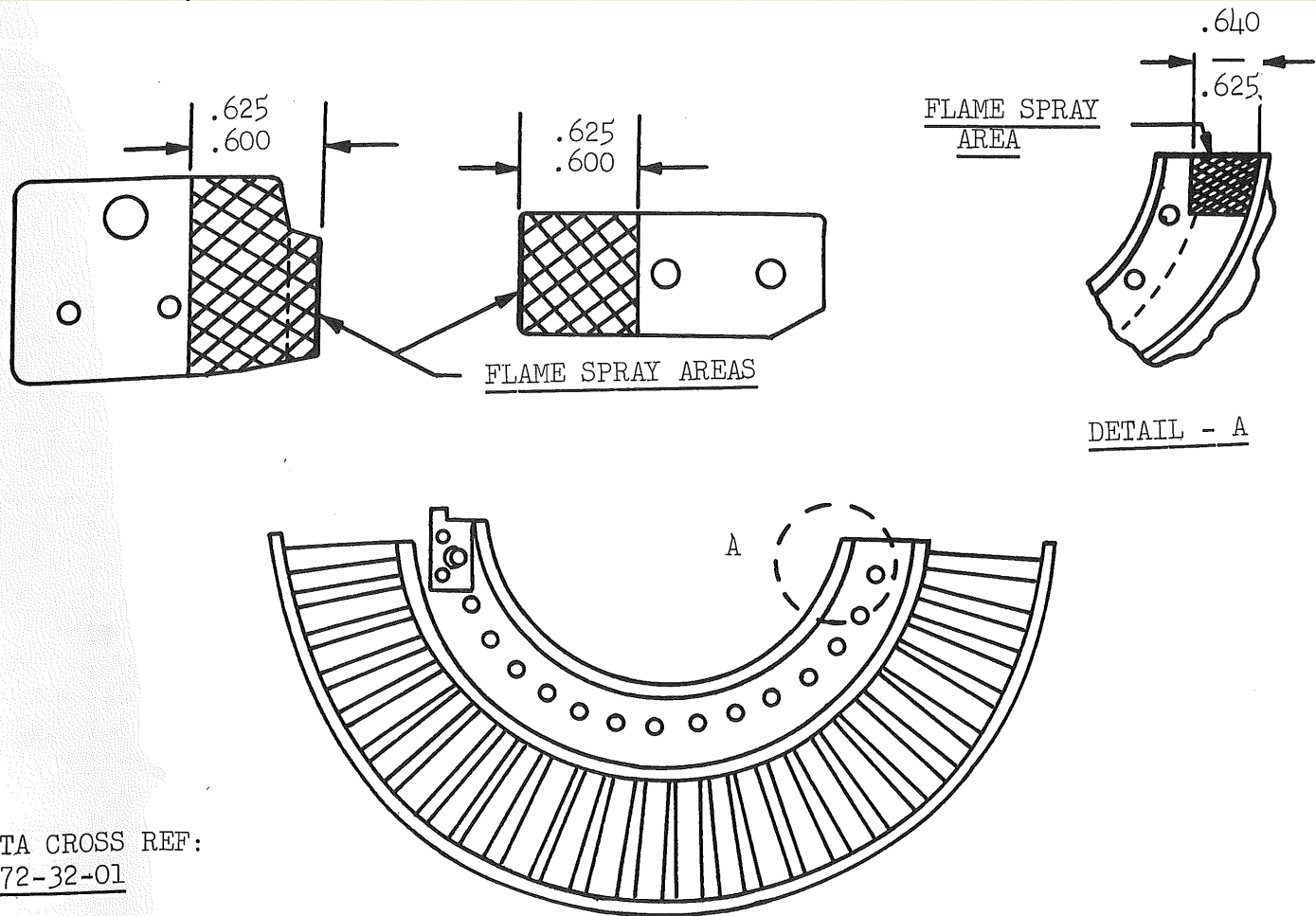
Cel stosowania: Odbudowa oryginalnego wymiaru po przegrzaniu



Rodzaj procesu: APS

Rodzaj proszku: WC: Metco 439 Self-fuse i Molibden Metco 63

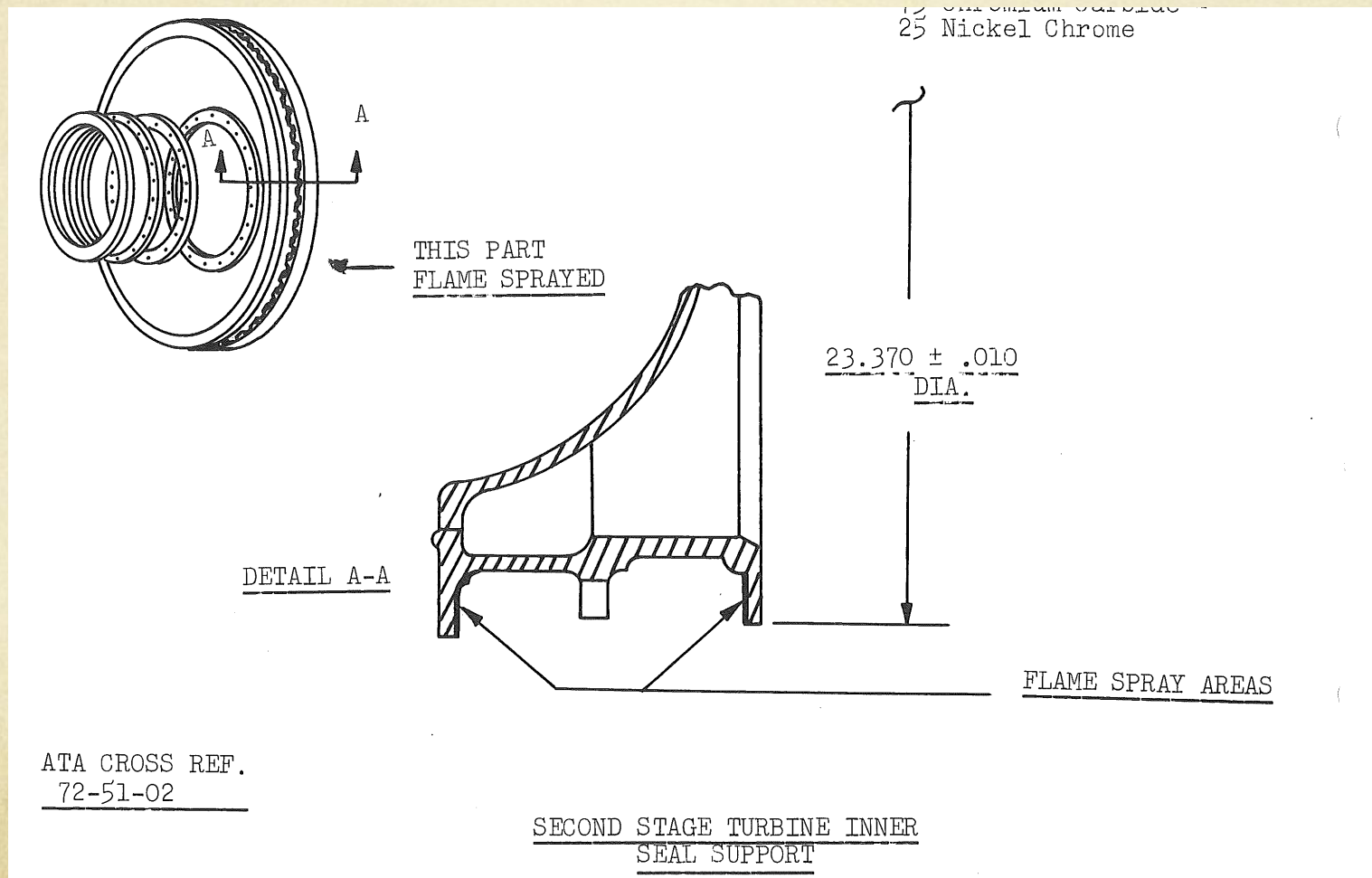
Cel stosowania: Odbudowa wymiaru początkowego,
zwiększenie odporności na scieranie



Rodzaj procesu: APS

Rodzaj proszku: Metco 81 NS, 75% CrC 25% NiCr

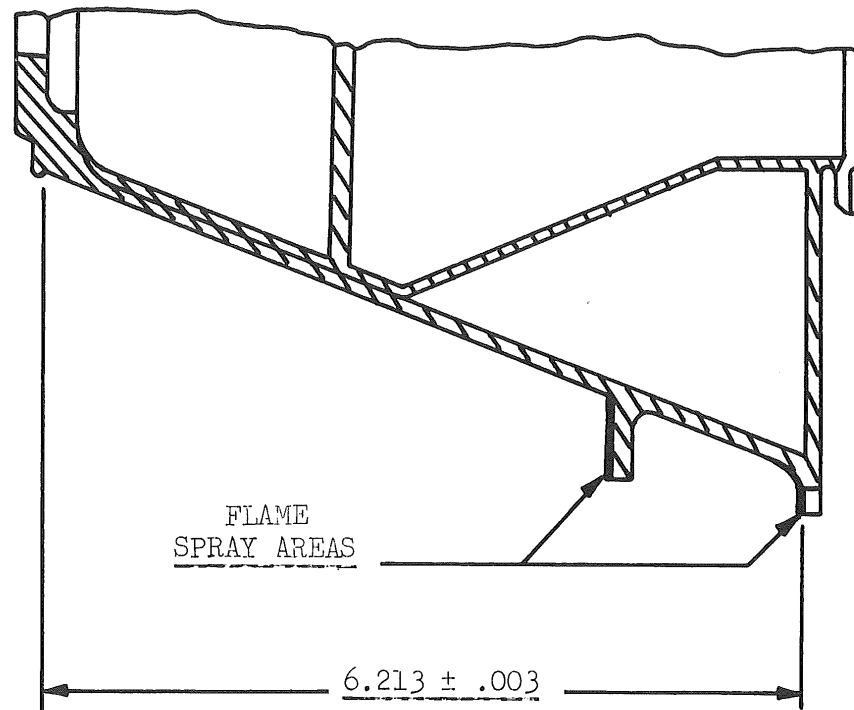
Cel stosowania :Odbudowa dyszy, zabezpieczenie przed frettingiem na skutek wibracji



Rodzaj procesu: APS

Rodzaj proszku: Metco 81-NS 75% CrC-25% NiCr

Cel stosowania: Odbudowa do wymiaru oryginalnego



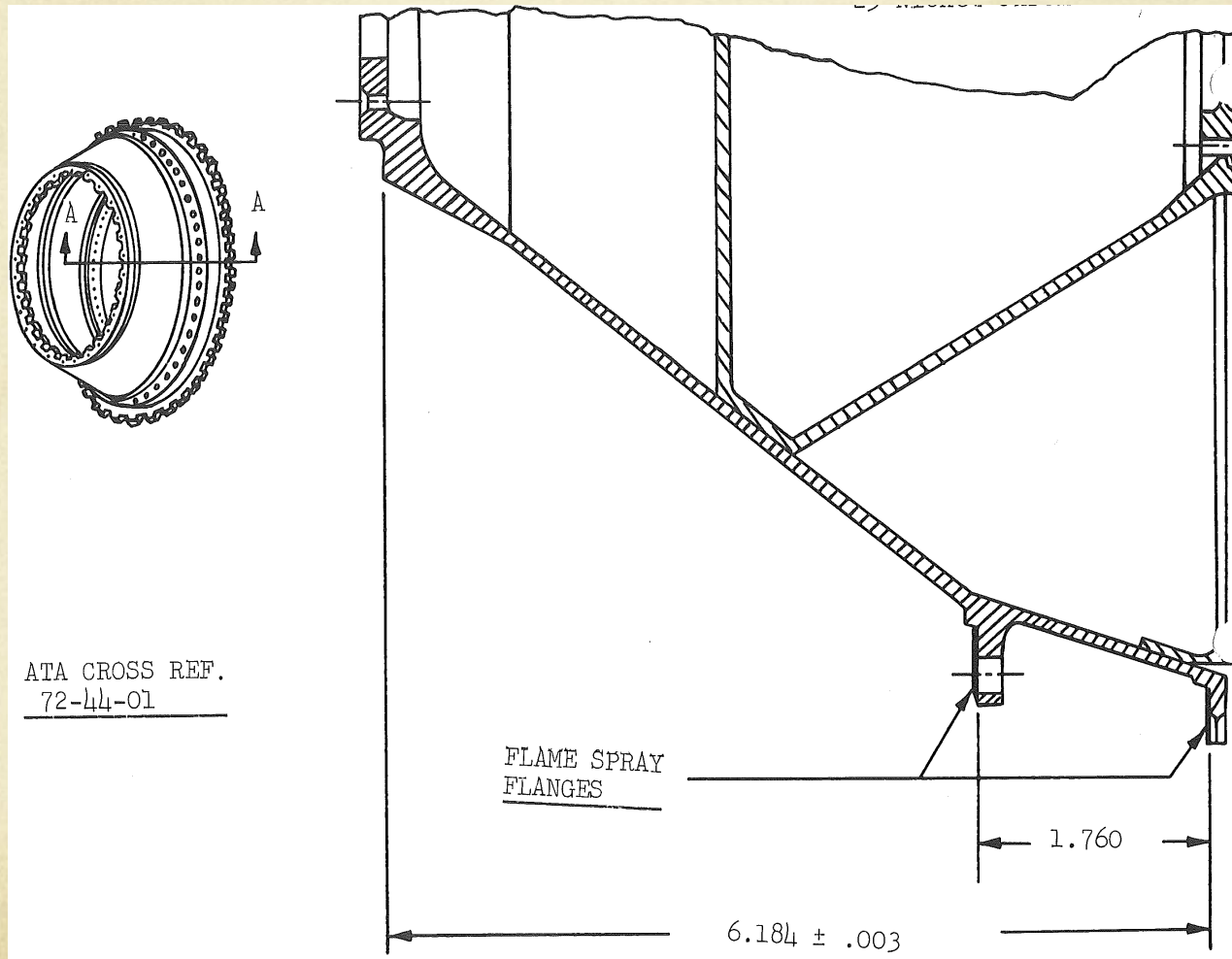
ATA CROSS
72-44-01

TURBINE NOZZLE INNER CASE

Rodzaj procesu: APS

Rodzaj proszku: Metco 81-NS 75 CrC, 25NiCr

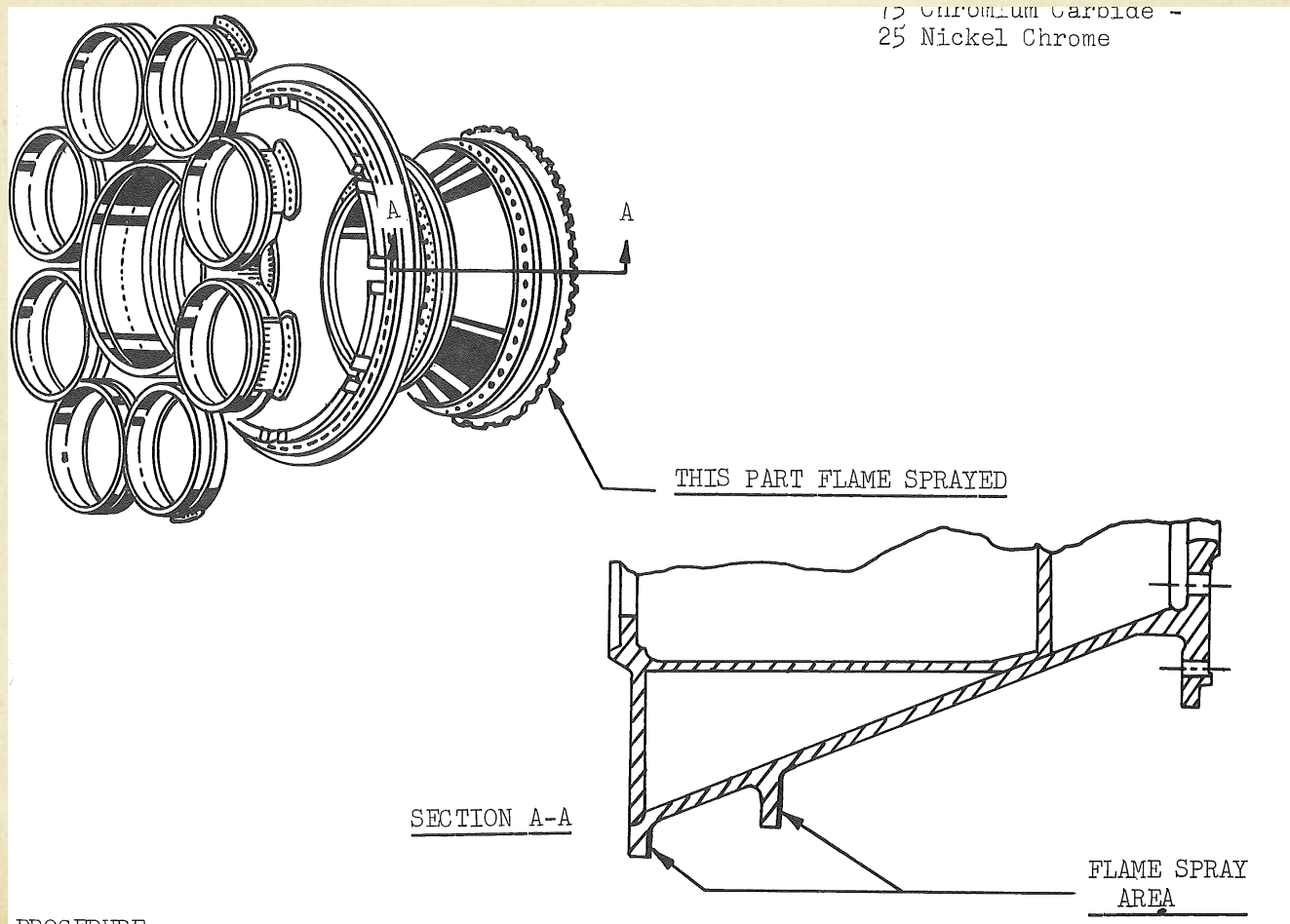
Cel stosowania: odbudowa wymiaru początkowego



Rodzaj procesu: APS

Rodzaj proszku: Metco 81-NS 75 CrC/25NiCr

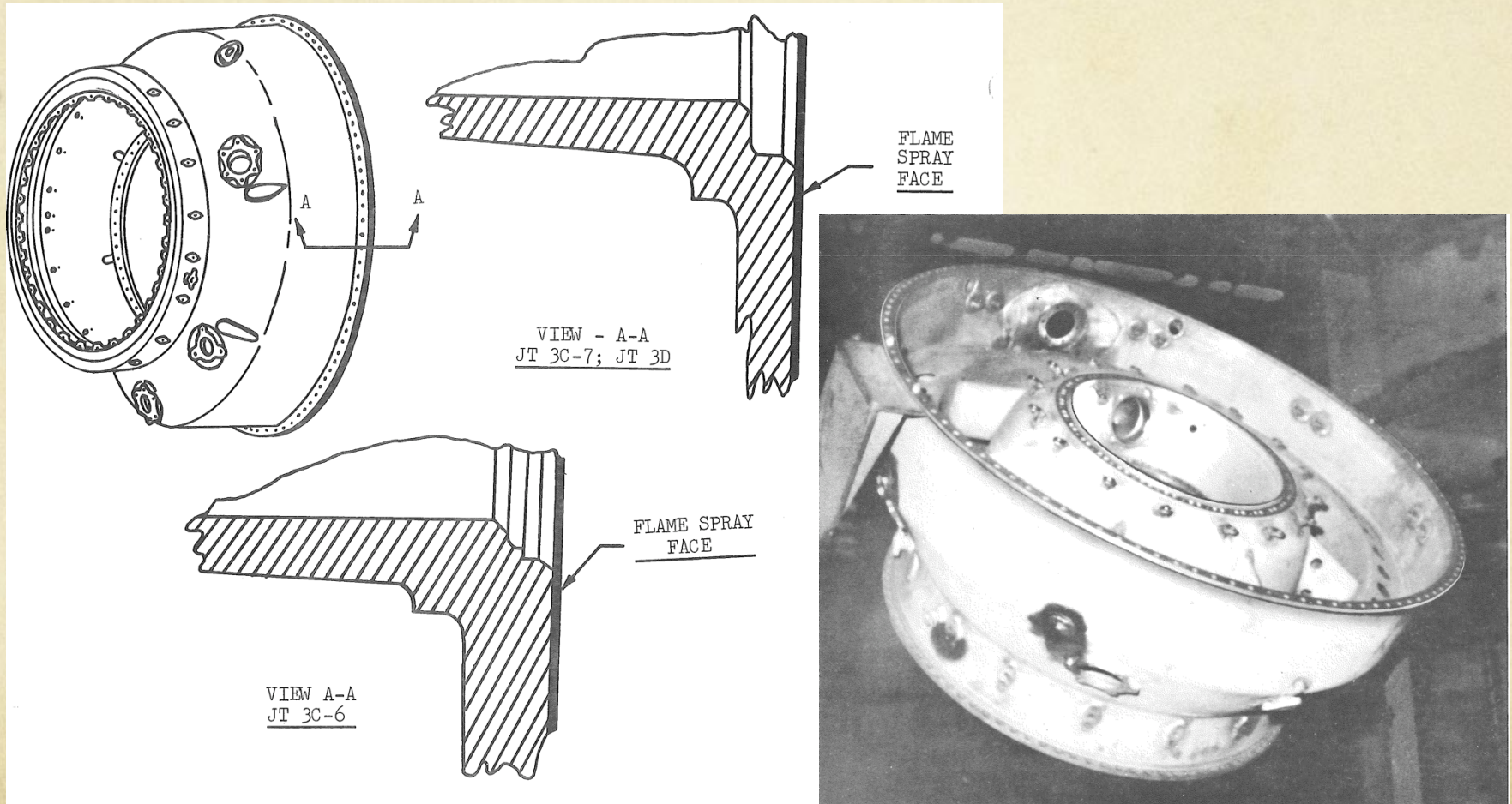
Cel stosowania: Odbudowa zużytego kołnierza do wymiaru nominalnego



Rodzaj procesu: Płomieniowe z proszku

Rodzaj proszku: Metco 404 Ni Al

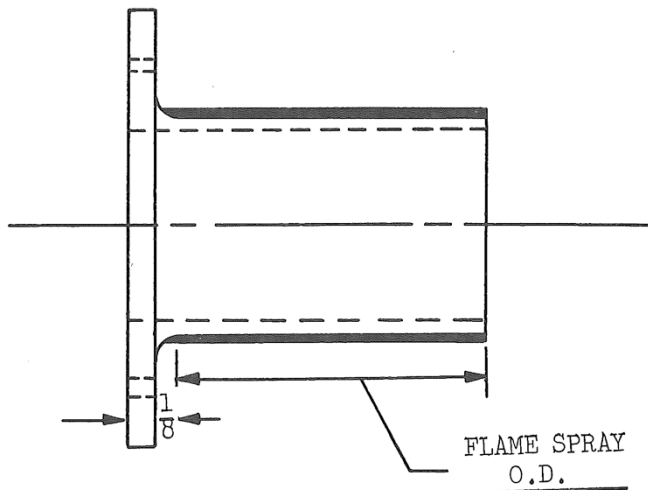
Cel stosowania: Odbudowa kołnierza do wymiaru początkowego



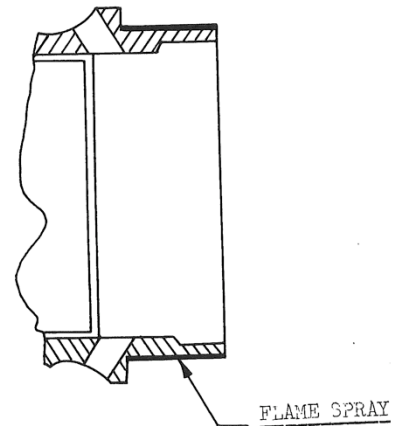
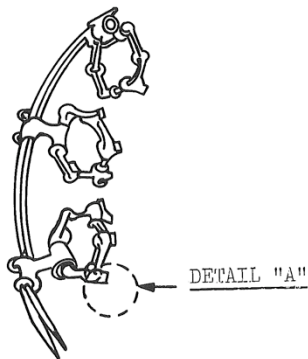
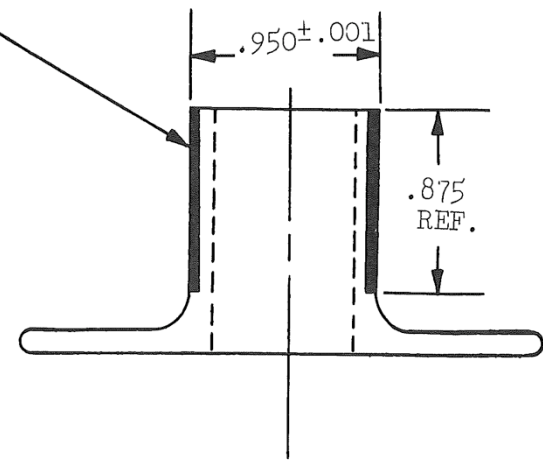
Rodzaj procesu: Płomieniowe z proszku

Rodzaj proszku: Metco 12C S Self-flux

Cel stosowania: Przywrócenie zewn. średnicy



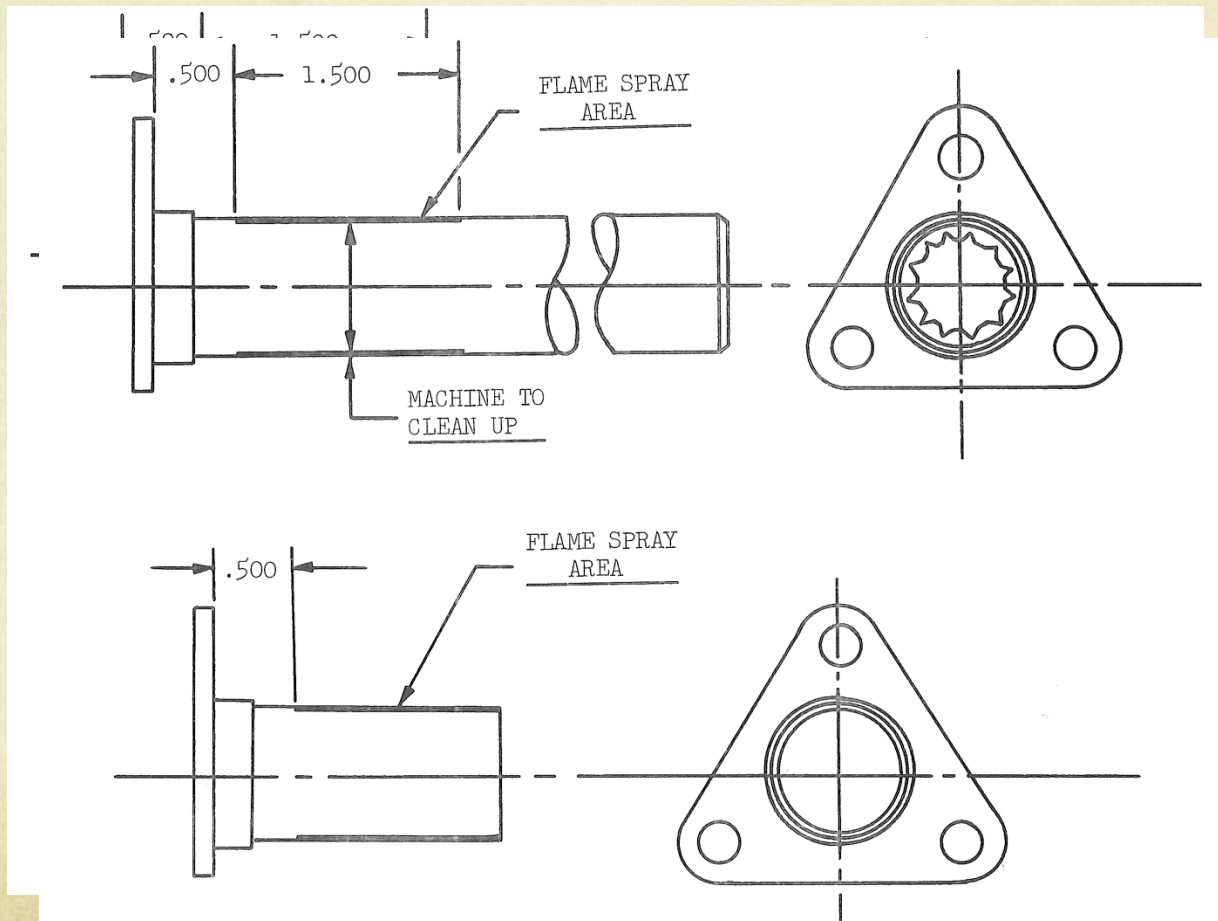
FLAME SPRAY AREA



Rodzaj procesu: Płomieniowe proszku

Rodzaj proszku: Metco 12CNiCr, Self-flux

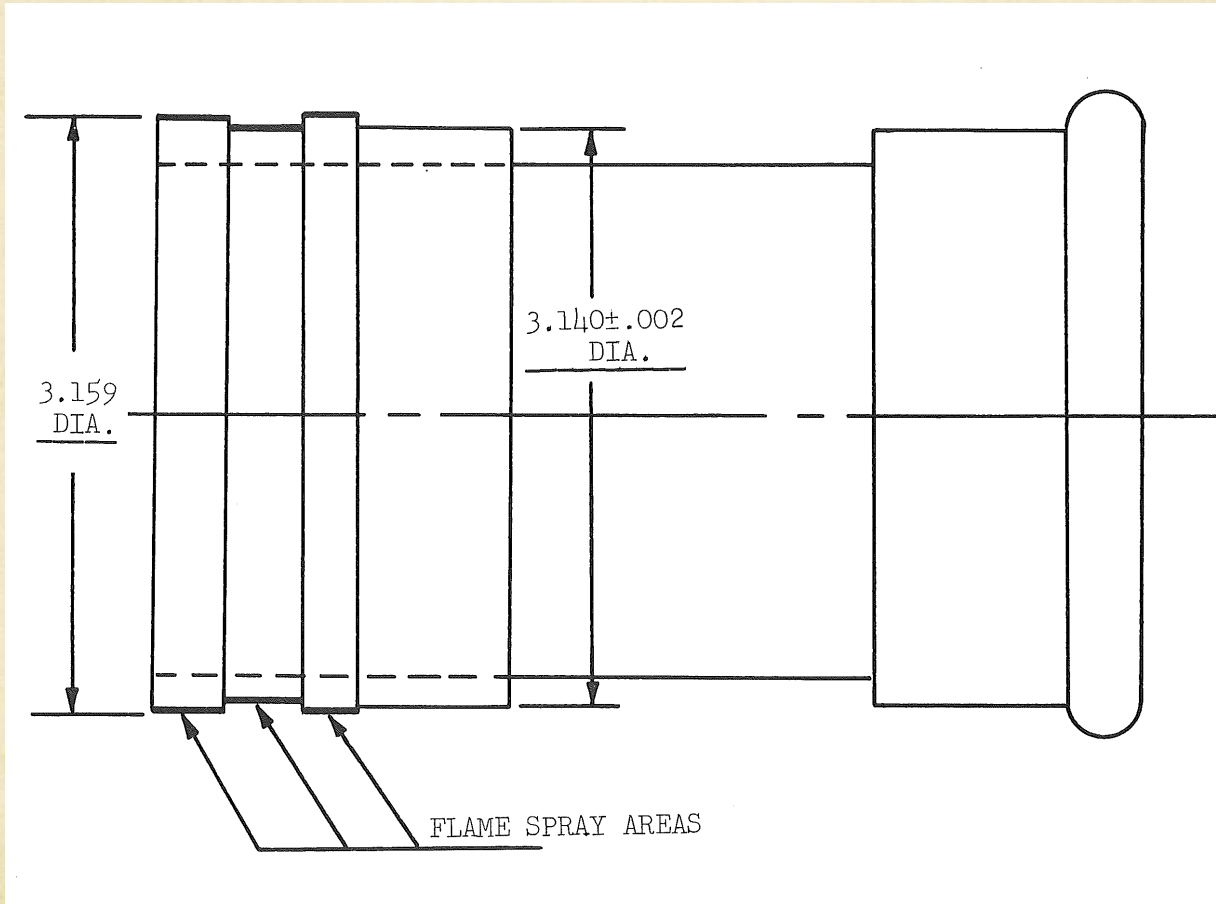
Cel stosowania: Odtworzenie średnicy nominalnej po natrykiwaniu i toczeniu



Rodzaj procesu: Płomieniowe z proszku

Rodzaj proszku: Metco 12CNiCr, Self-flux

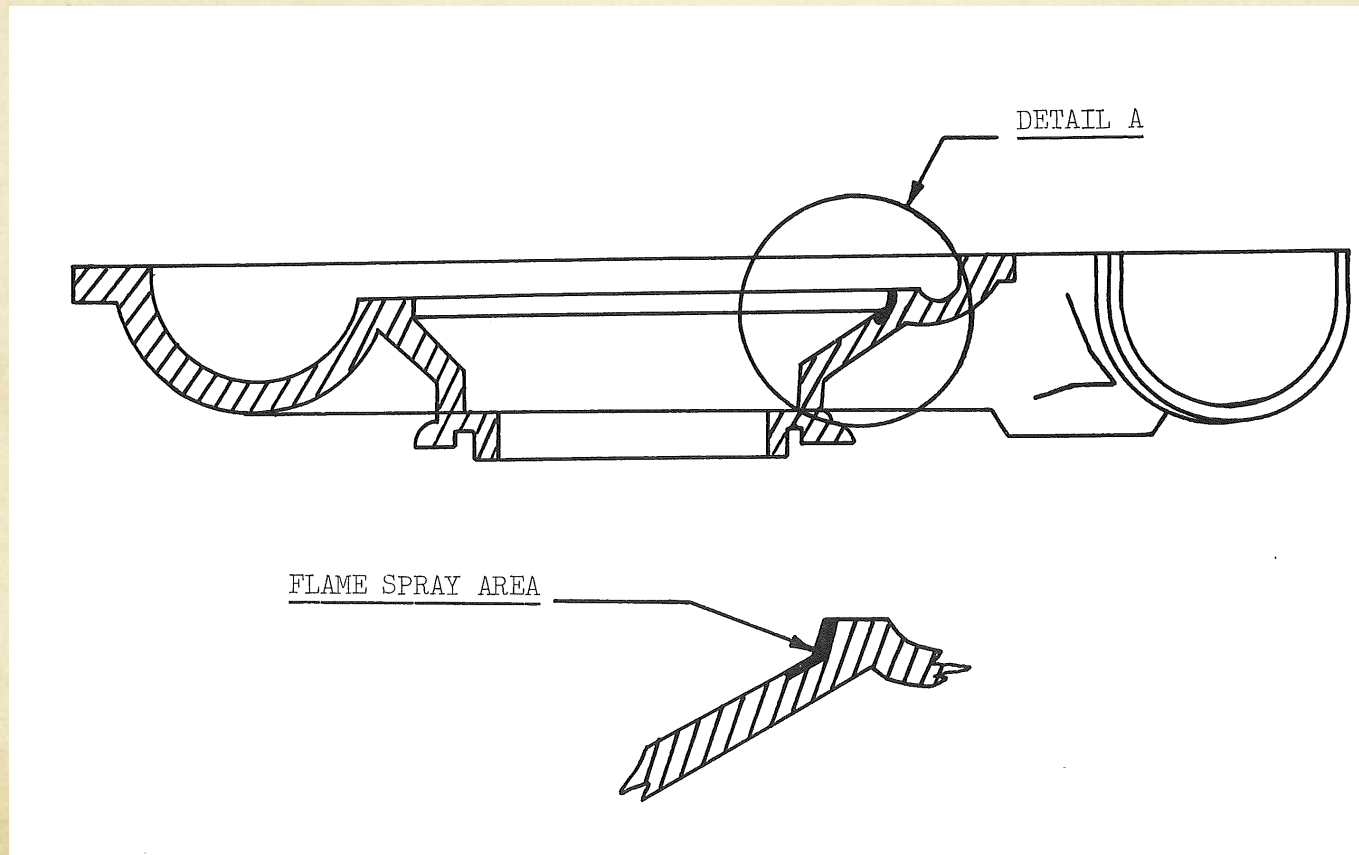
Cel stosowania: Odtworzenie średnicy nominalnej



Rodzaj procesu: Płomieniowe z proszku

Rodzaj proszku: Metco 404 NiAl

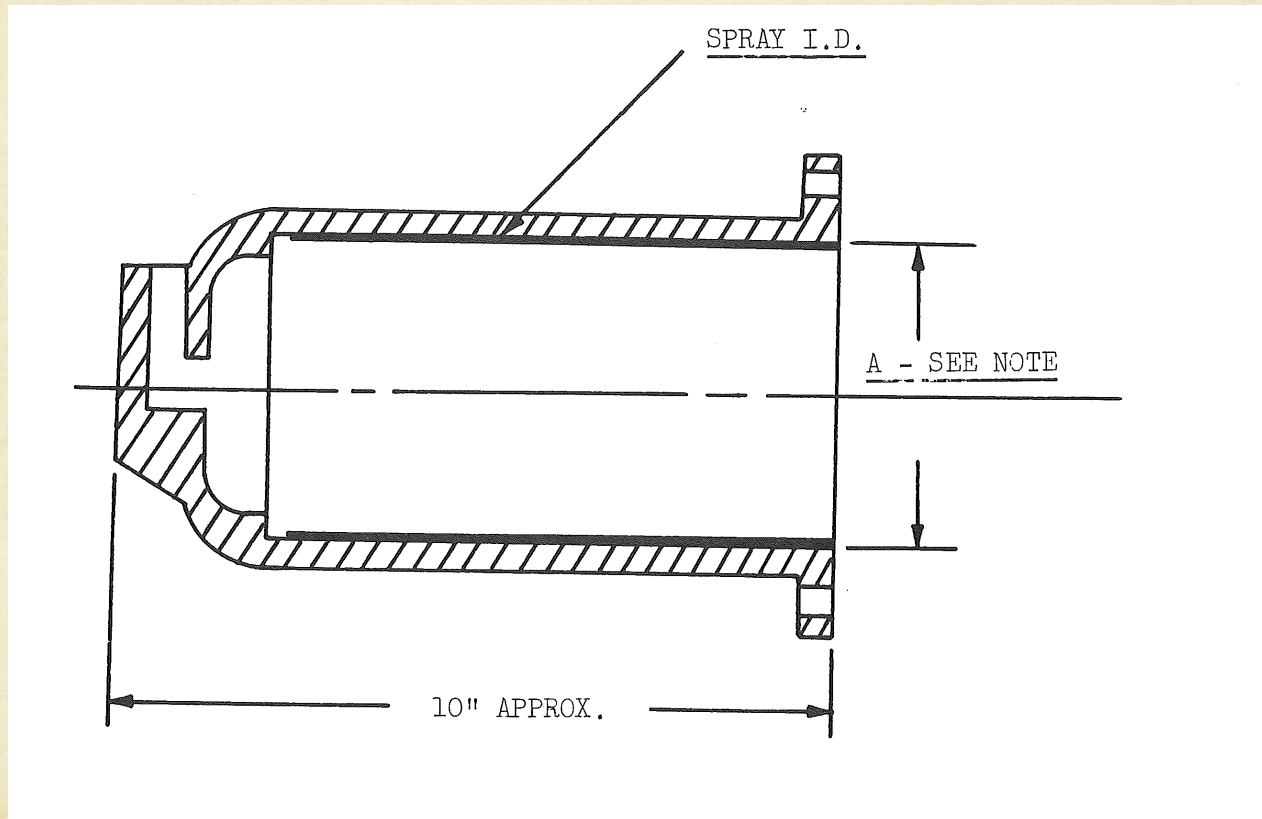
Cel stosowania: Naprawa elementów które uległy erozji i zużyciu



Rodzaj procesu: Płomieniowe drut

Rodzaj proszku: Sprabond - Molibden?

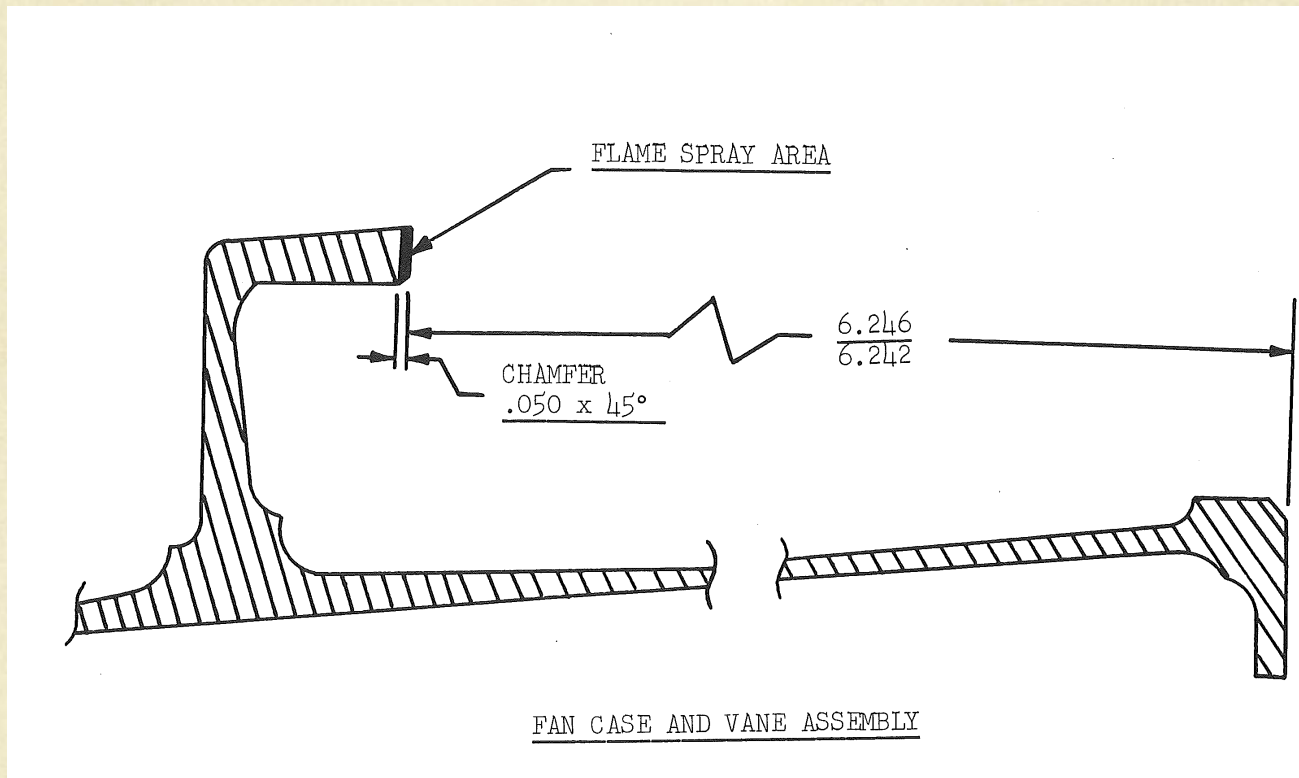
Cel stosowania: Odbudowa wewnętrznej średnicy
do wymiaru nominalnego



Rodzaj procesu: Płomieniowe drut

Rodzaj proszku: Metcoloy 2- stal nierdzewna

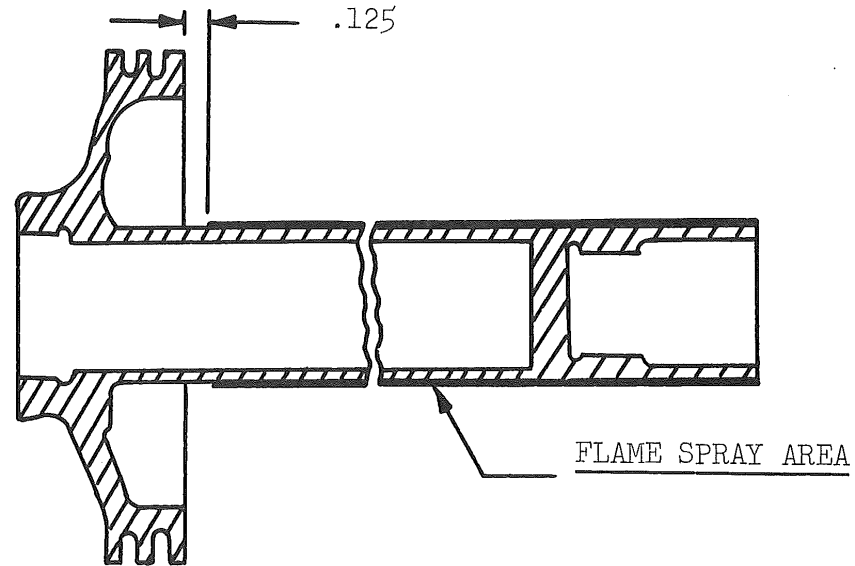
Cel stosowania: Odtworzenie wymiarów



Rodzaj procesu: Płomieniowe z drutu

Rodzaj proszku: Sprabond - Molibden

Cel stosowania: Odtworzenie wymiarów początkowych

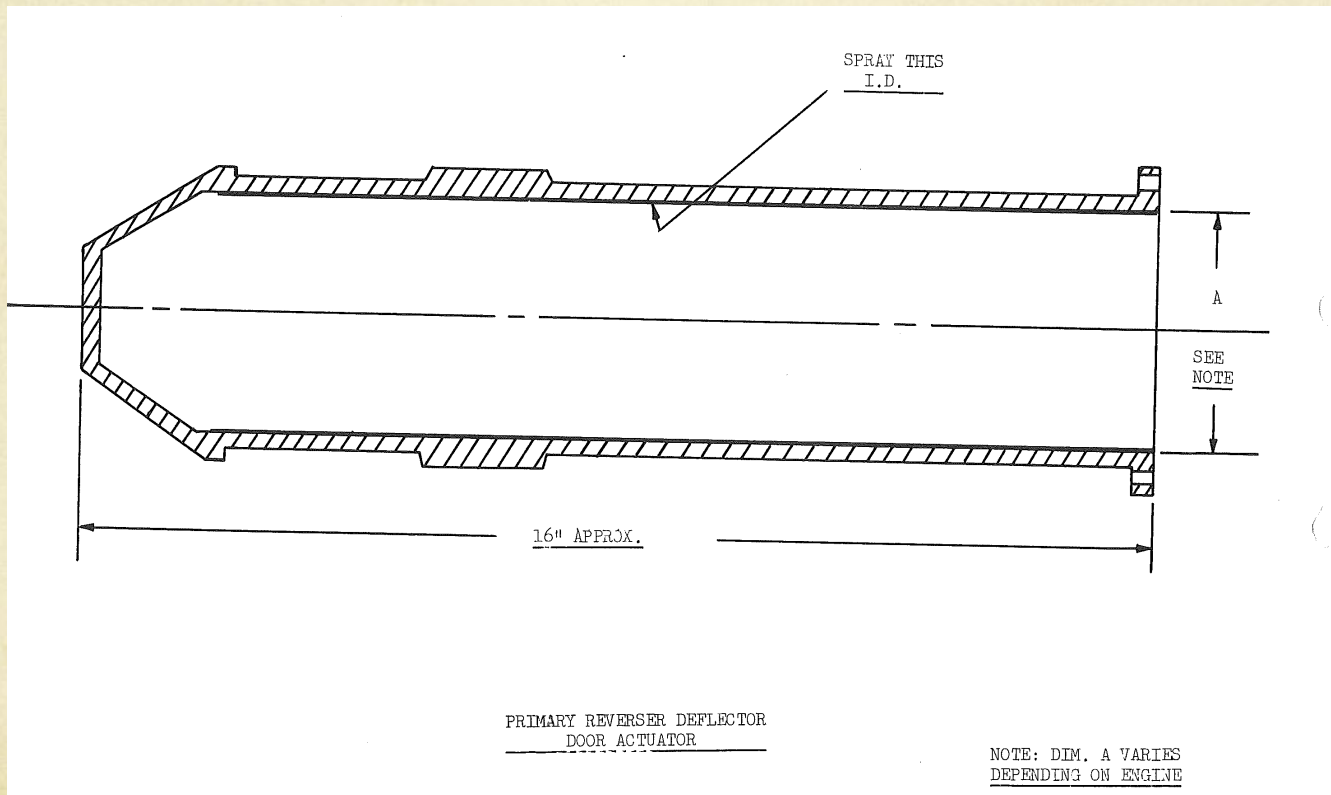


PISTON SHAFT-FAN REVERSER
CASCADE VANE

Rodzaj procesu: Płomieniowe drut

Rodzaj proszku: Metco Sprabronze AA

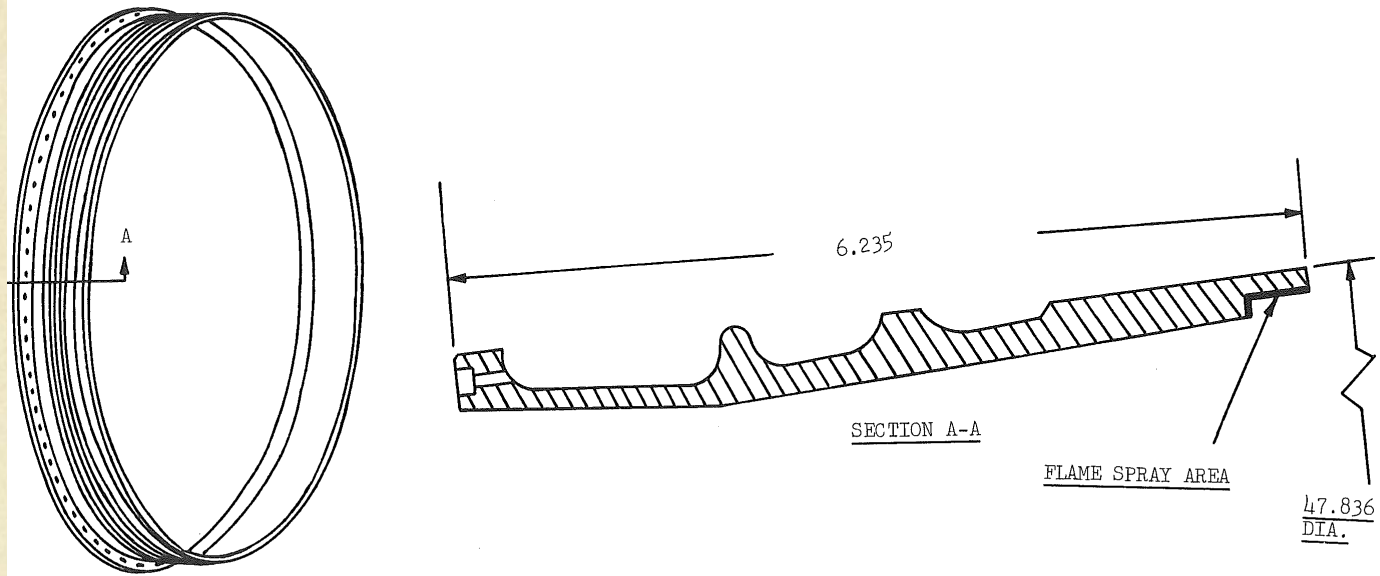
Cel stosowania: Odbudowa zużytego obszaru wewnętrznego



Rodzaj procesu: Płomieniowe drut

Rodzaj proszku: Sprabronze AA

Cel stosowania: Przywrócenie wymiaru wewn. oryginalnego



REAR AIRFLOW DUCT FRONT COMPRESSOR