

The background of the slide is a scanning electron micrograph (SEM) showing numerous spherical and irregular metallic particles of various sizes. The particles have a textured, granular surface. The image is in grayscale, with the particles appearing as bright, detailed shapes against a dark background.

UAB

Universitat Autònoma de Barcelona



Universitat Autònoma de Barcelona

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria

OPTIMITZACIÓ D'UN DISPOSITIU DE COMPACTACIÓ DE POLS METÀL·LICA EN CALENT

Autor: Iu Morales Torné

Directors: Amadeu Concustell i Santiago Suriñach

Enginyeria Superior de Materials 2007/2008

CONTINGUTS DE LA PRESENTACIÓ

- INTRODUCCIÓ
- OBJECTIU
- DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA
- METODOLOGIA D'ASSAIG
- PARÀMETRES I RESTRICCIONS
- SELECCIÓ DE POLS METÀL·LICA
- MÈTODE EXPERIMENTAL
- RESULTATS
- CONCLUSIONS
- PRESSUPOST

INTRODUCCIÓ

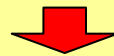
- Tracta de l'optimització d'un dispositiu de compactació de pols metàl·lica en calent.
- La funció del dispositiu és compactar i sinteritzar pols metàl·lica, utilitzant alhora:
 - la força axial de compressió de la MTS.
 - la calor del forn integrat.
- El dispositiu s'agrupa en els processos de la pulvimetal·lúrgia (Hot pressing).



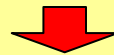
OBJECTIU

OPTIMITZACIÓ

DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA



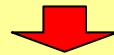
METODOLOGIA D'ASSAIG



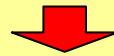
PARÀMETRES I RESTRICCIONS



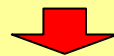
SELECCIÓ DE POLS METÀL·LICA



MÈTODE EXPERIMENTAL



AVALUACIÓ DE RESULTATS



CONCLUSIONS

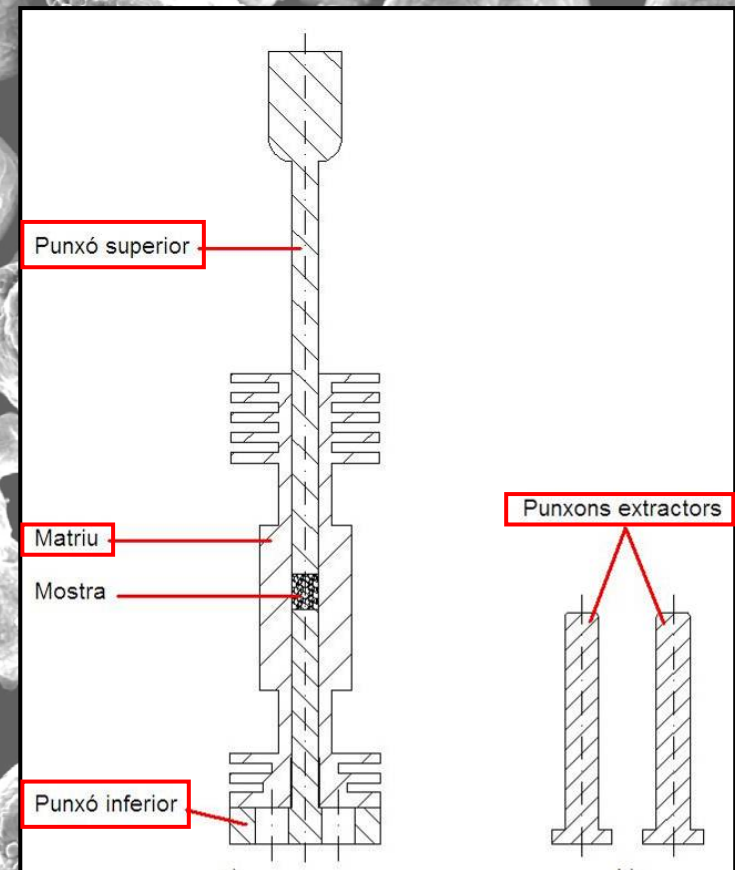
DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA

- El sistema està constituït per:
 - El dispositiu de compactació.
 - La màquina d'assaigs mecànics MTS.
 - Els components secundaris.



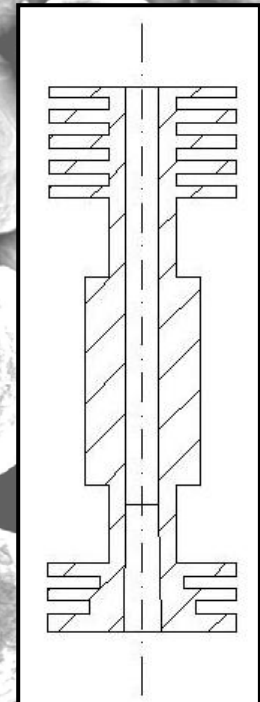
Descripció del dispositiu de compactació

- El dispositiu està format per 5 peces:
 - Matriu.
 - Punxó superior.
 - Punxó inferior.
 - 2 punxons extractors.



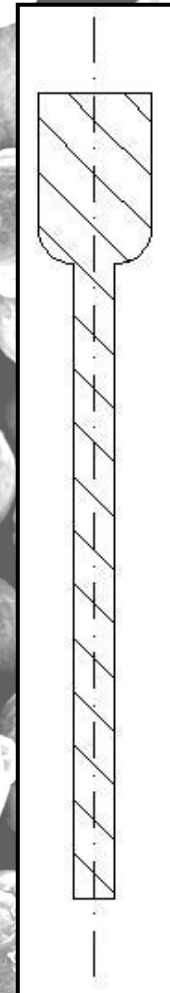
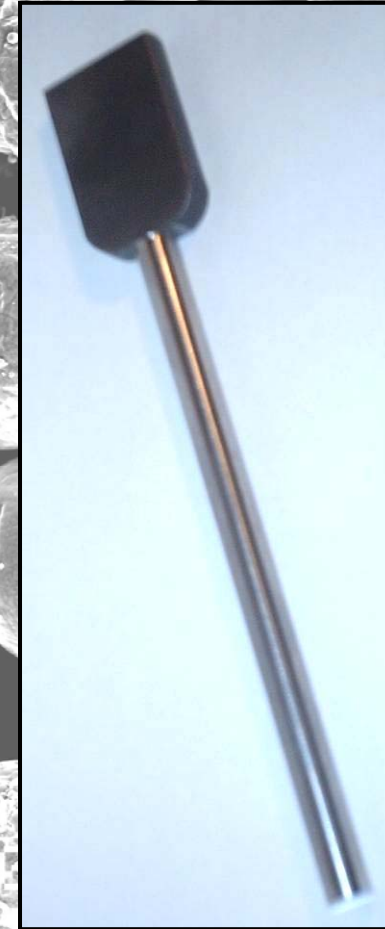
Descripció del dispositiu de compactació

- Matriu:
 - Peça central del dispositiu.
 - Es diposita la pols al seu interior on s'exerceix la compressió i la sinterització.
 - S'acobla al forn.



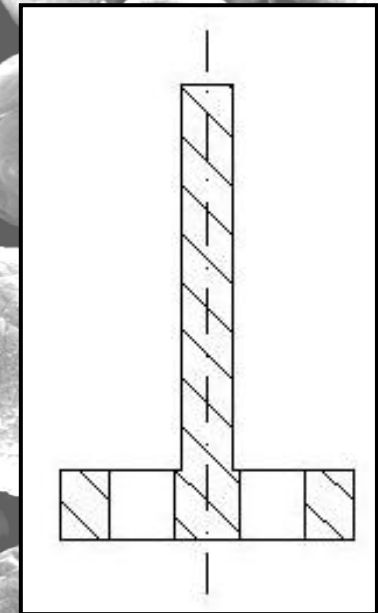
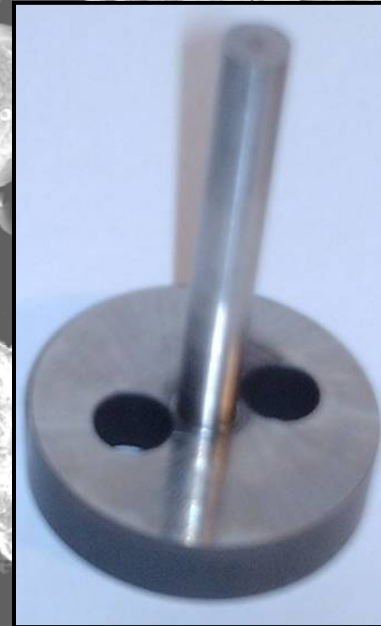
Descripció del dispositiu de compactació

- Punxó superior:
 - Pistó mòbil que comprimeix la pols.
 - Subjectada a la mordassa superior de la MTS.
 - S'introdueix per la part superior de la matriu.



Descripció del dispositiu de compactació

- Punxó inferior.
 - S'introdueix per la part inferior de la matriu.
 - Pistó fix que suporta la força de compressió.



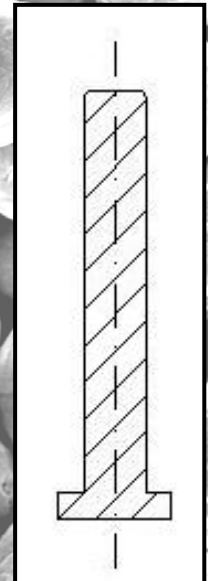
05932

000
000
000

15mm

Descripció del dispositiu de compactació

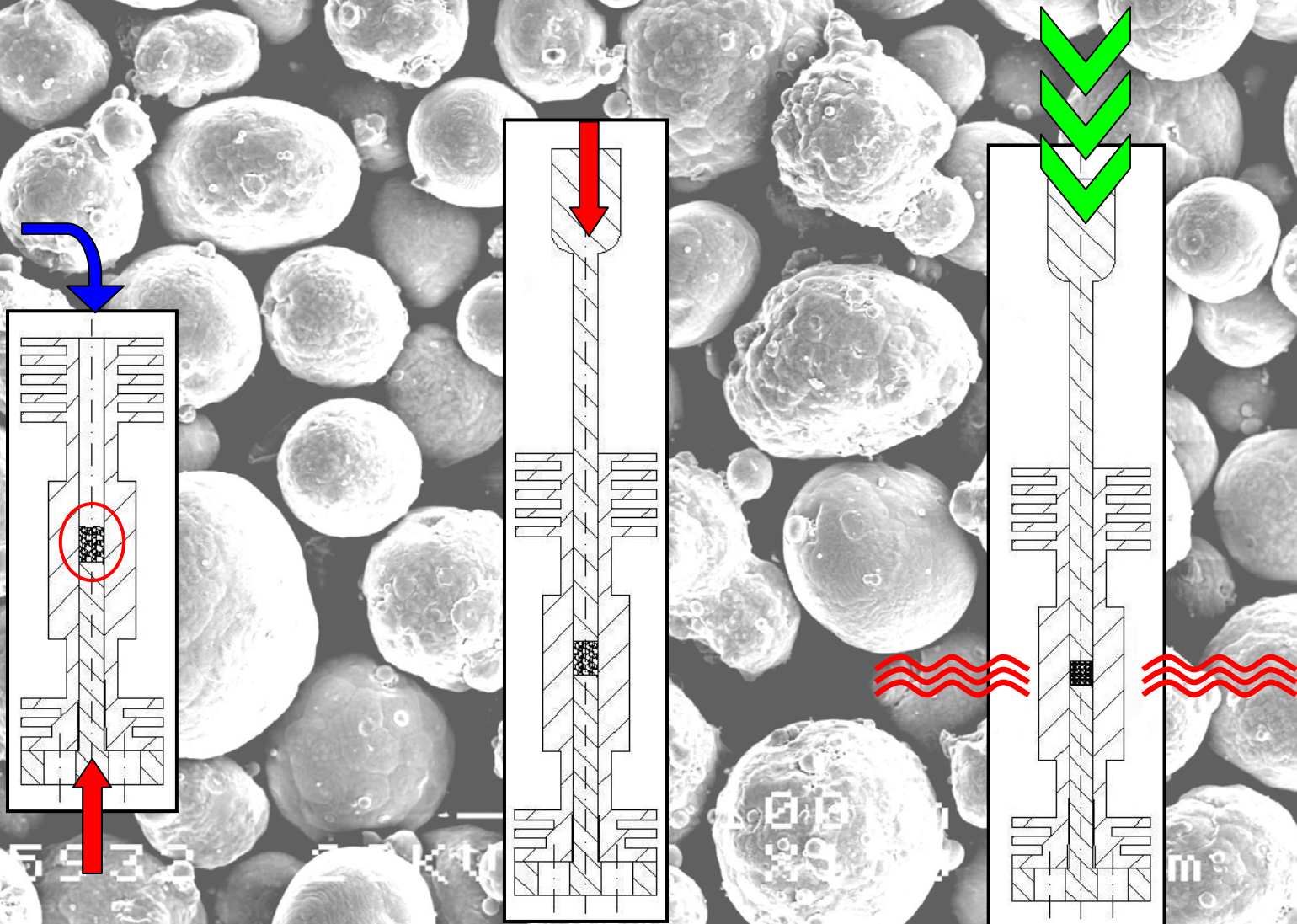
- Punxons extractors.
 - S'utilitzen durant el procés d'extracció de la mostra compactada.
 - S'introdueixen pels forats del punxó inferior.



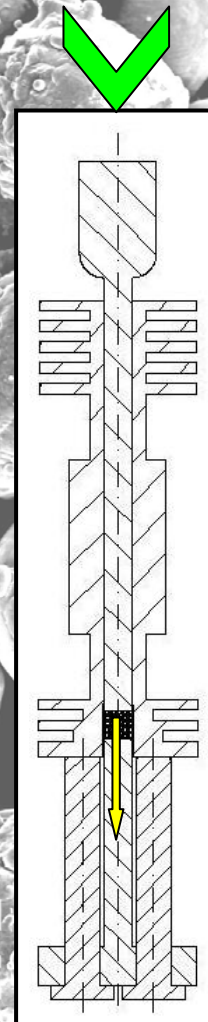
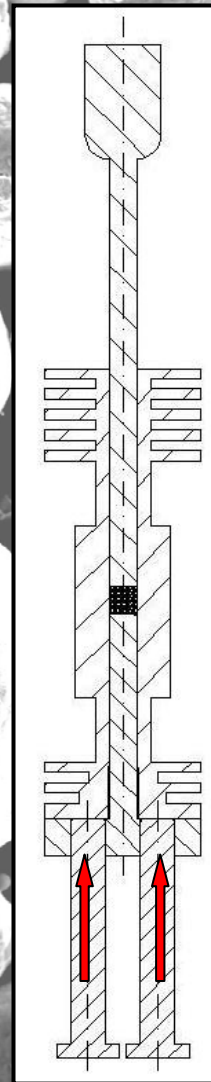
5932

1.5mm

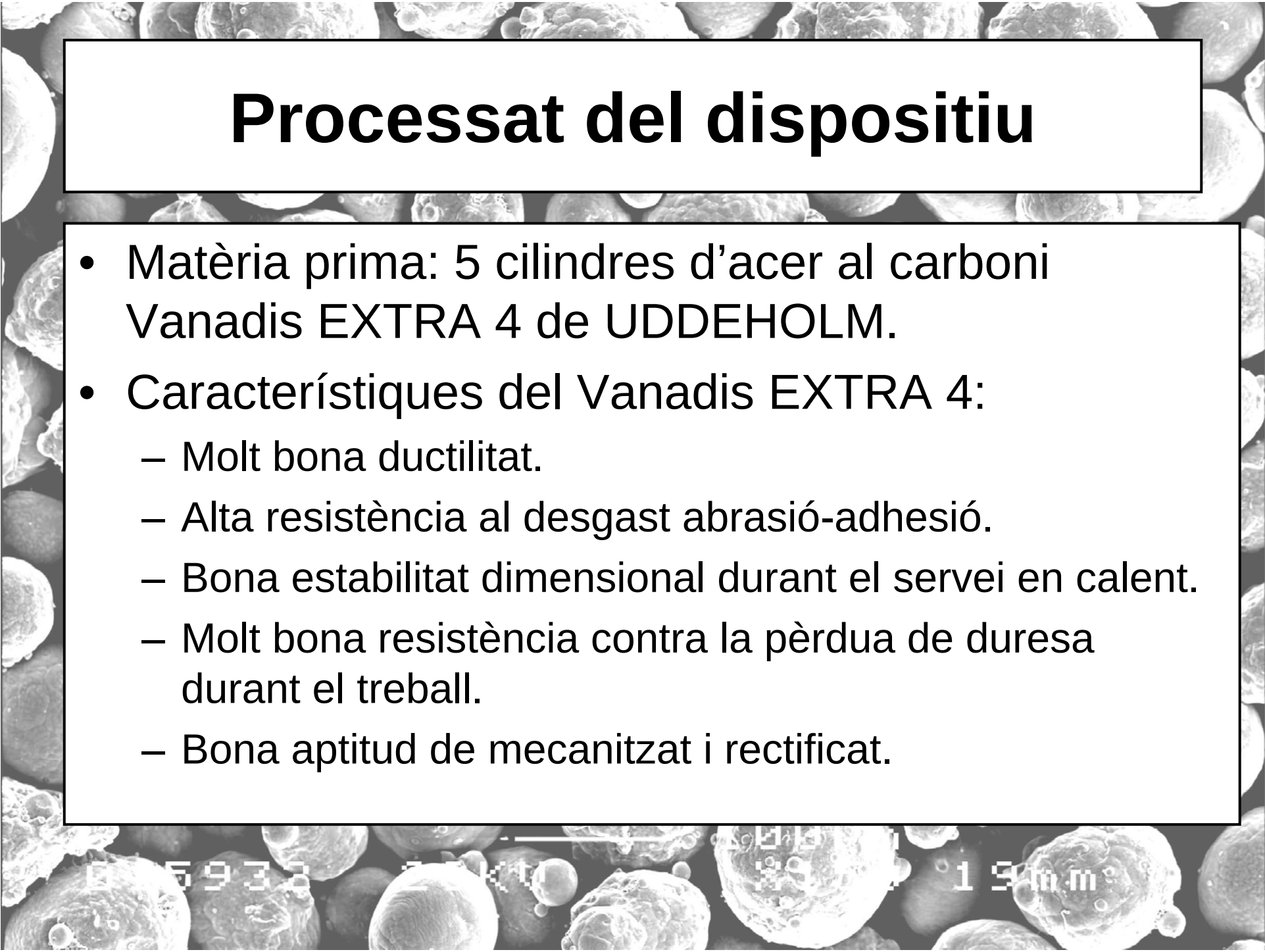
Funcionament del dispositiu durant el procés de compactació



Funcionament durant el procés d'extracció de la mostra



1.9mm



Processat del dispositiu

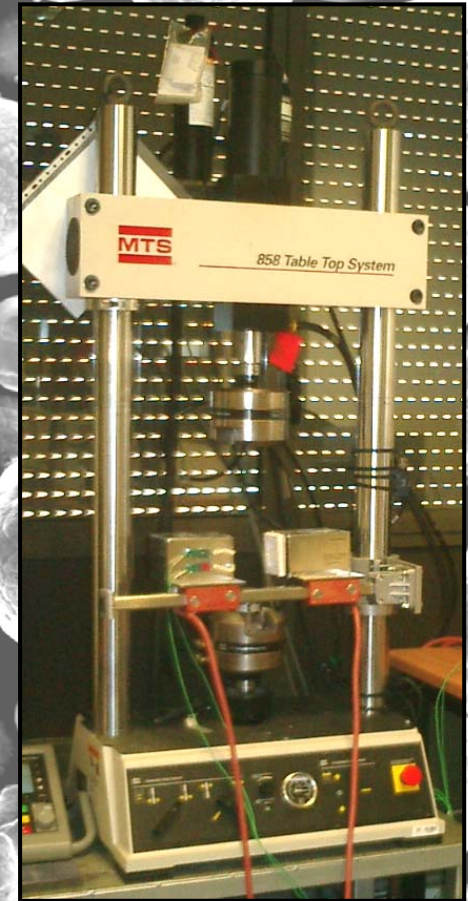
- Matèria prima: 5 cilindres d'acer al carboni Vanadis EXTRA 4 de UDDEHOLM.
- Característiques del Vanadis EXTRA 4:
 - Molt bona ductilitat.
 - Alta resistència al desgast abrasió-adhesió.
 - Bona estabilitat dimensional durant el servei en calent.
 - Molt bona resistència contra la pèrdua de duresa durant el treball.
 - Bona aptitud de mecanitzat i rectificat.

Processat del dispositiu

- El mecanitzat el porta a terme FERRO-MECÀNICA S.A.
- Tractaments tèrmics per MATALOGRÀFICA S.A.
- S'obté peces amb gran tenacitat i, una alta resistència superficial i una duresa de 62 HRC.
- Bons acabats superficials en el rectificat a:
 - Forat de la matriu.
 - Eixos dels punxons superior i inferior.
 - Superfície circular plana d'aquest eixos.
- Per obtenir:
 - Bones toleràncies.
 - Bona precisió dimensional.
 - Bona qualitat superficial.

Descripció de la MTS

- Màquina d'assaigs mecànics *Model 858 Table Top Testing System*.
- Característiques:
 - Rang de forces de 5 KN a 25 KN.
 - Adaptació de la grandària de les provetes.
 - Realitzar assaigs de tensió, compressió, flexió i, anàlisis de fatiga i de durabilitat.
 - Ample espaiat entre columnes per acomodar diferents instal·lacions, com càmeres i forns.



Components del conjunt de la MTS

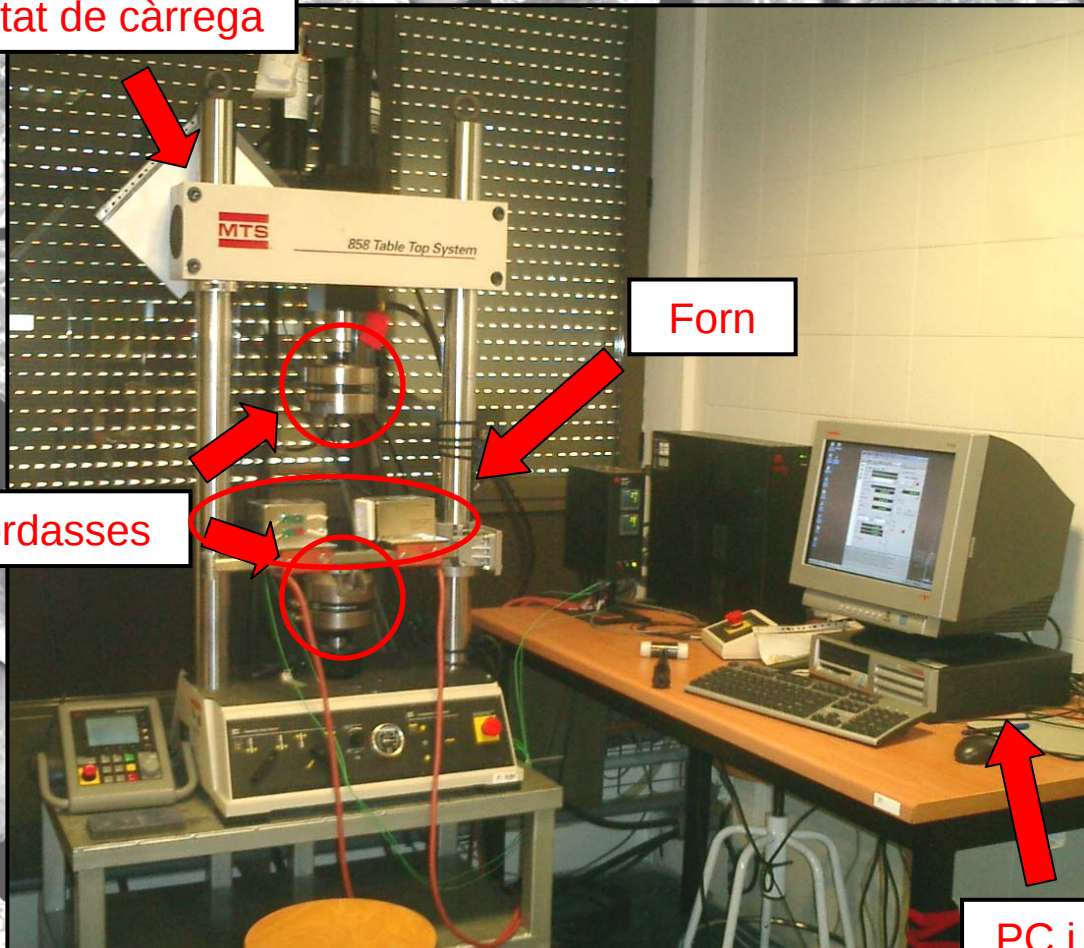
Unitat de càrrega

Forn

Mordasses

Galga de compressió

PC i Test
System
Software



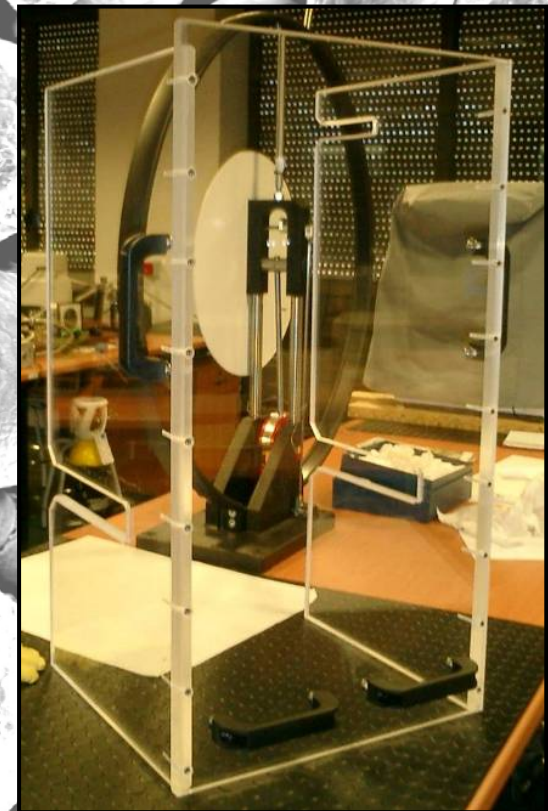
Programació MTS

- S'utilitza el programa informàtic *Station Manager* per controlar de manera programada i automàtica l'assaig.
- Per l'assaig de premsat en calent:
 - Primer, programar la temperatura de treball.
 - Segon, programar la força de compressió mentre es manté la temperatura de treball durant el temps desitjat.

	Paràmetres Programables
MTS	- Força de compressió. - Rampa de la força aplicada. - Temps de manteniment de la força.
Forn	- Temperatura de treball. - Rampa de la temperatura de treball. - Temps de manteniment de la temperatura de treball.

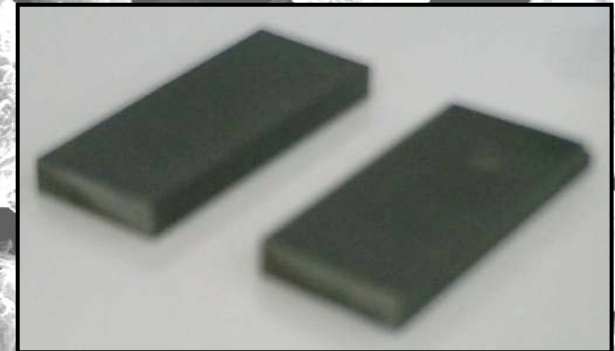
Components secundaris

- Elements, components o aparells, externs al conjunt de la MTS.
- Mampara de protecció:
 - Protegir l'usuari durant l'assaig.
 - Manipulació entre 2 persones.

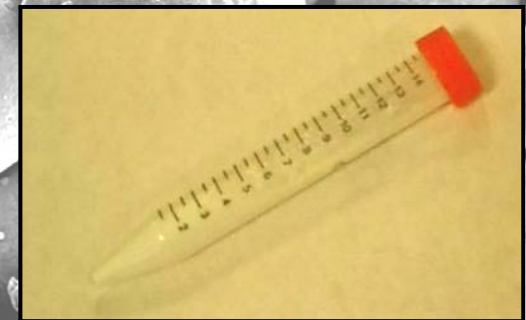


Components secundaris

- Plaquetes de Carbur de Tungstè:
 - És compost ceràmic conegut cermet.
 - Elevada duresa.
 - Protegir la galga de compressió durant l'assaig.



- Lubricant:
 - Essencial en utilitatges de premsat.
 - Pols d'estearat de Zn.
 - S'utilitza de manera externa.
 - Es descompon durant l'assaig ja que té baix punt de fusió.



Components secundaris

- Llana de quars:
 - Omplir els espais entre els dos mòduls del forn.
 - Retenir la calor dins el forn.



- Termòmetre electrònic:
 - Controlar la temperatura de les mordasses de la MTS i els punxons superior i inferior durant l'assaig.



METODOLOGIA D'ASSAIG

PREPARACIÓ DEL SISTEMA

OPERATIVITAT DE LA MTS

PREPARACIÓ DEL DISPOSITIU

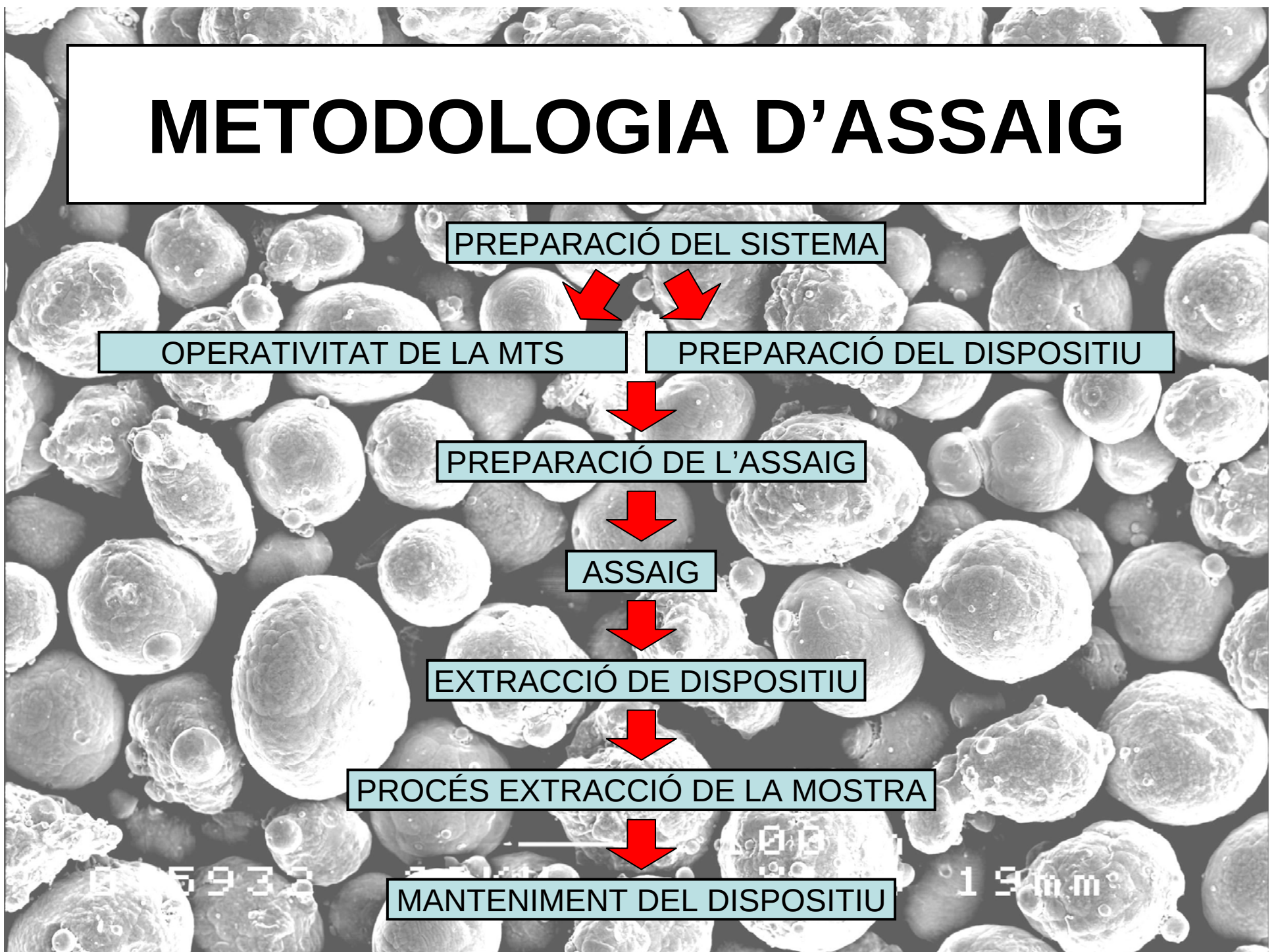
PREPARACIÓ DE L'ASSAIG

ASSAIG

EXTRACCIÓ DE DISPOSITIU

PROCÉS EXTRACCIÓ DE LA MOSTRA

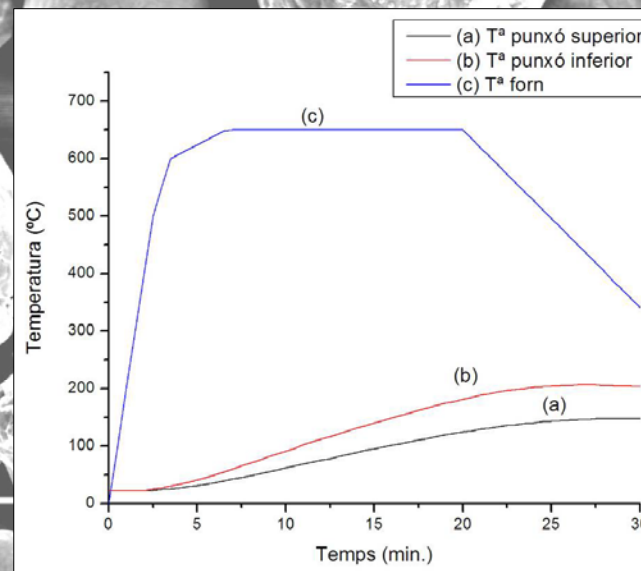
MANTENIMENT DEL DISPOSITIU



PARÀMETRES I RESTRICCIONS

Paràmetres de la MTS i el forn	-Força axial de compressió -T ^a de treball
Restriccions MTS	-Força màxima de 25 KN -T ^a màxima de les mordasses i la galga de compressió de 177 °C
Restriccions dispositiu	-Diàmetre de 8 mm de forat de la matriu -T ^a màxima 650 °C

Temps d'assaig:
10 min



SELECCIÓ DE LA POLS METÀL·LICA

- Restriccions en la selecció:
 - Temperatura màxima de treball de 650 °C.
 - Mòdul de Young de $20,6 \times 10^4$ MPa.
- La temperatura de sinterització és 0,8-0,9 la temperatura de fusió.

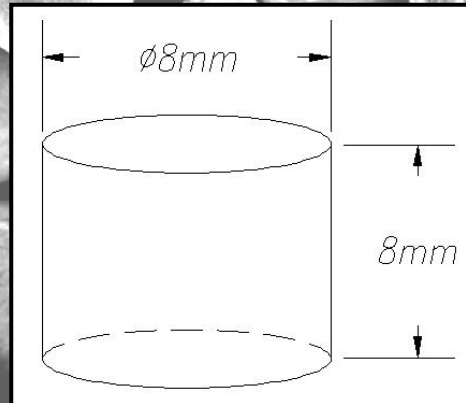
Element	T ^a de fusió (° C)	Mòdul de Young	T ^a de sinterització (° C)	Grandària de pols (µm)
Zn	419,5	8,2	335,6 – 377,5	Inferior a 149 µm
Al	660,4	6,9	528,3 – 594,4	Inferior a 44 µm
Cu	1.083	-	-	Inferior a 149 µm

MÈTODE EXPERIMENTAL

Assaig	Aliatge	Composició aliatge	Massa aliatge (g)	Paràmetres assaigs			
				Força de compressió (KN)	T ^a de treball (° C)	Temps de rampa de T ^a (min)	Temps T ^a de treball (min)
1	1	Zn – 22% Al en pes (2% Cu en pes del pes total)	2,121	-15	355	10	10
2				-20	360	20	10
3				-20	370	20	10
4	2	Al – 10% Zn en pes (4% Cu en pes del pes total)	1,188	-20	520	20	10
5				-20	415	20	10
6	3	Al – 4% Cu en pes	1,117	-20	600	20	10

RESULTATS

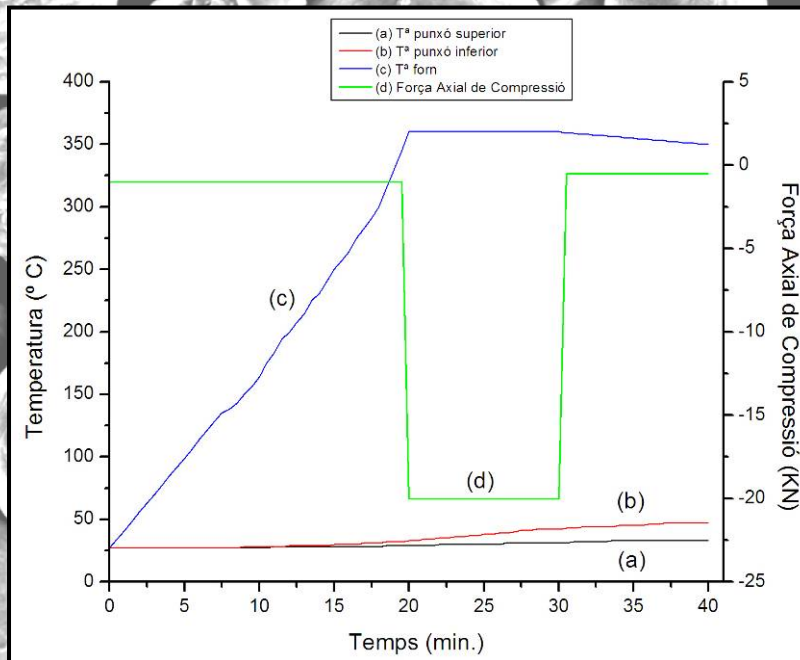
- S'obtenen mostres cilíndriques de 8 mm de diàmetre i $8 \pm 0,1$ mm d'altura.



- Es realitzen varies proves i càlculs, com:
 - Percentatge de compactació.
 - DRX.
 - Fotografies amb el S.E.M. i M.O.
 - Comparació de grandària.
 - Microduresa.

Temperatura de les mordasses

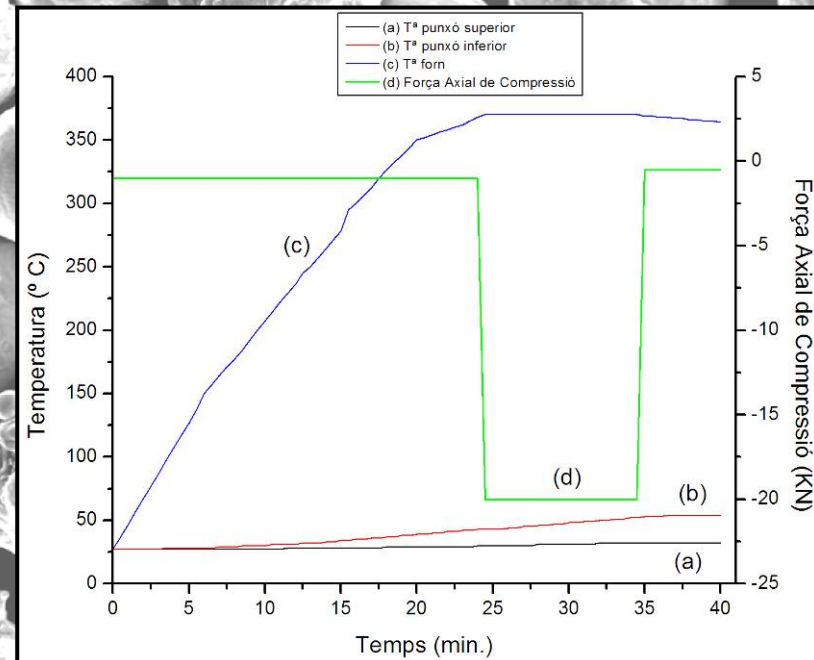
- Dades obtingudes amb el termòmetre electrònic.



Assaig 2. T^a de treball: 360 °C

T^a màxima p.s.: 33 °C;

T^a màxima p.i.: 47 °C

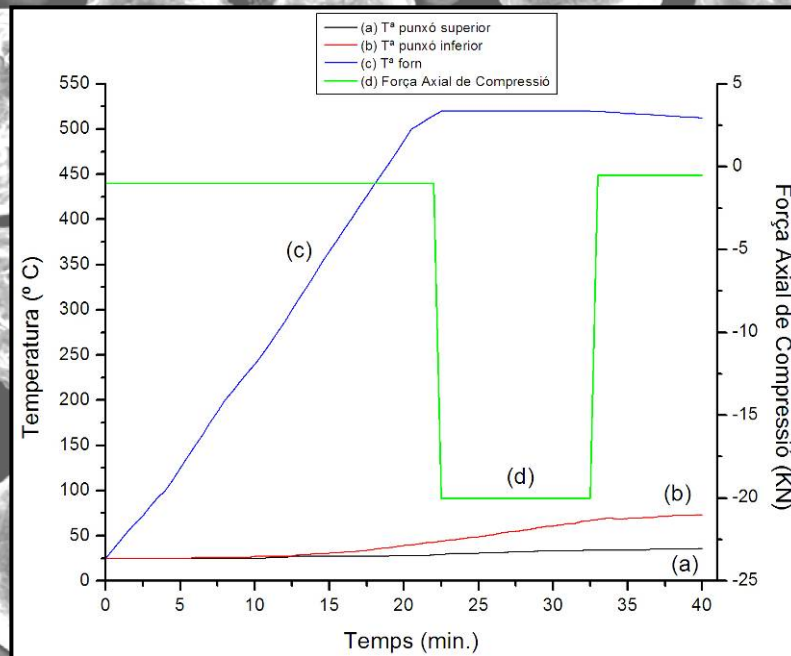


Assaig 3. T^a de treball: 370 °C

T^a màxima p.s.: 32 °C;

T^a màxima p.i.: 54 °C

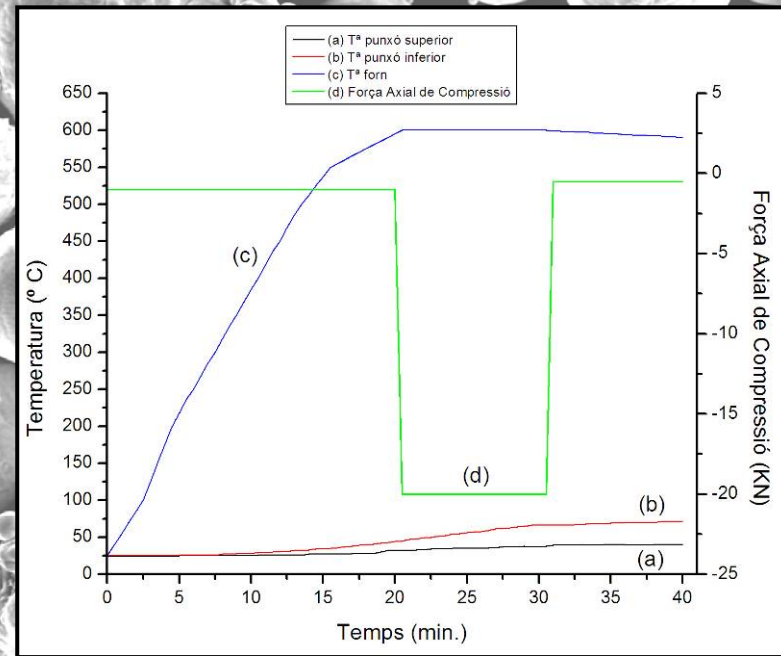
Temperatura de les mordasses



Assaig 4. T^a de treball: 520 °C

T^a màxima p.s.: 36 °C;

T^a màxima p.i.: 73 °C



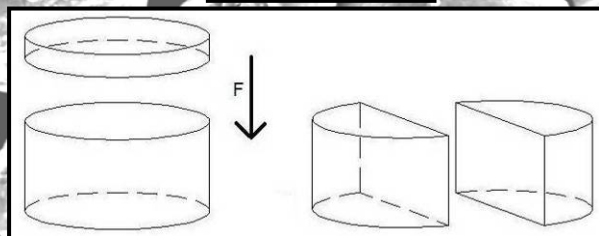
Assaig 6. T^a de treball: 600 °C

T^a màxima p.s.: 40 °C;

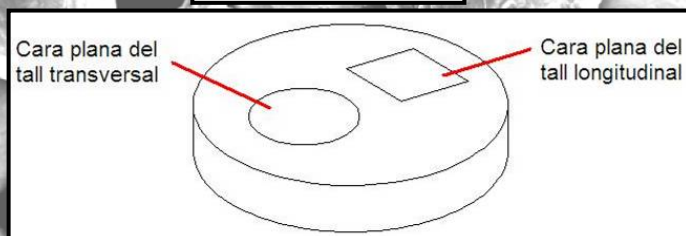
T^a màxima p.i.: 72 °C

Preparació de les mostres

TALLAR



EMBOTIR



POLIR

ATAC QUÍMIC

Mostra	Aliatge	Substància d'atac	Temps d'atac (seg)
1	1 (Zn – 22% Al en pes (2% Cu en pes del pes total))	47 ml (95-99 ml) Etanol 3 ml (1-5 ml) HNO ₃	10
2			
3			
4	2 (Al – 10% Zn en pes (4% Cu en pes del pes total))	95 ml H ₂ O 2,5 ml HNO ₃ 1,5 ml HCl	10
5			
6	3 (Al – 4% Cu en pes)		10

Percentatge de compactació

- A partir de varies fotografies de les mostres amb el M.O. i el programa informàtic Gatan.
- El total dels píxels de la foto s'atribueix al 100% de l'àrea de la foto.

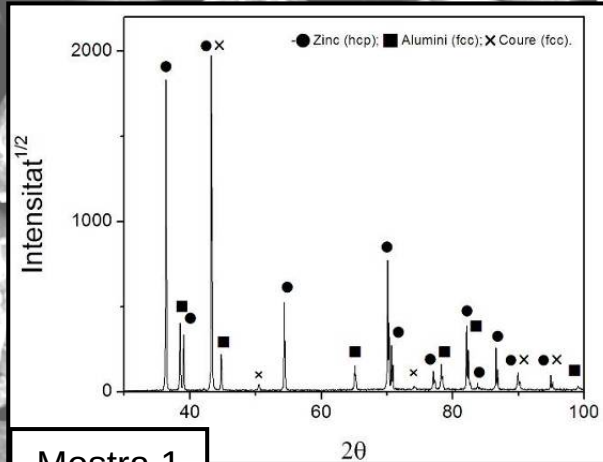
Mostra	% de compactació
1	93,36%
2	93,43%
3	94,53%
4	94,36%
5	93,81%
6	95,02%

Difracció de raigs X

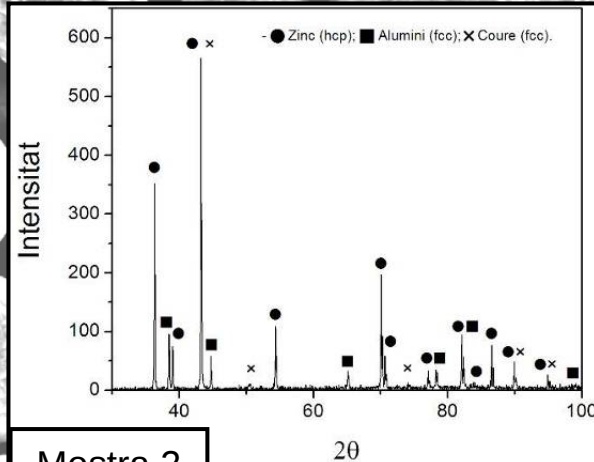
- S'han realitzat amb difractòmetre Philips PW3050.
- En els difractogrames de les 6 mostres, no apareixen nous pics, per tant:
 - No han aparegut noves fases intermetàl·liques.
 - Ni òxids.



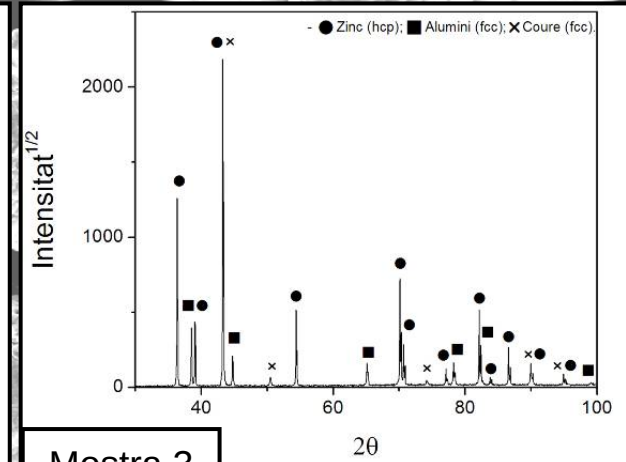
Difracció de raigs X



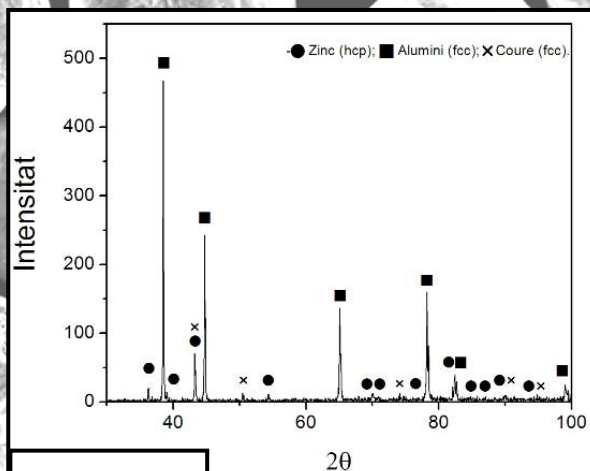
Mostra 1



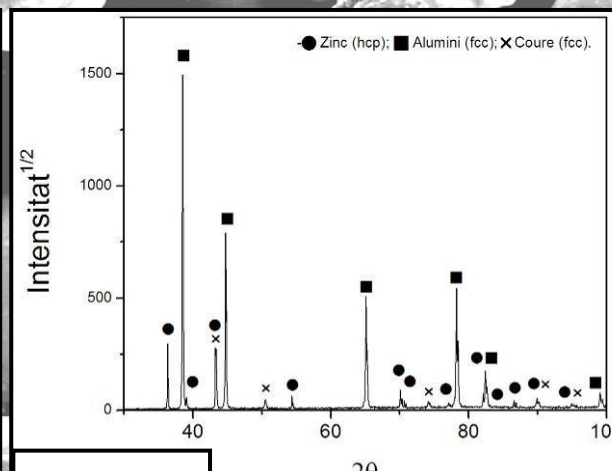
Mostra 2



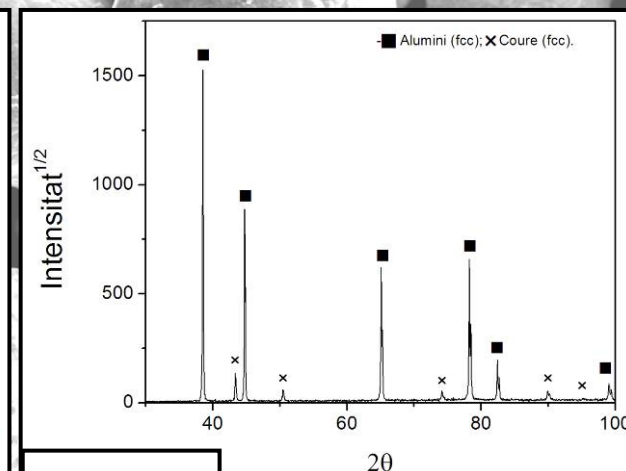
Mostra 3



Mostra 4



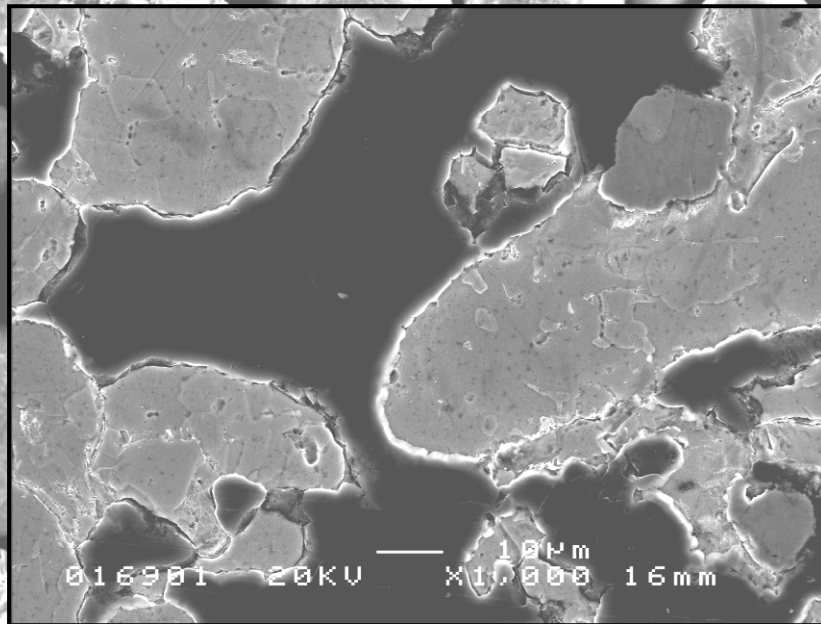
Mostra 5



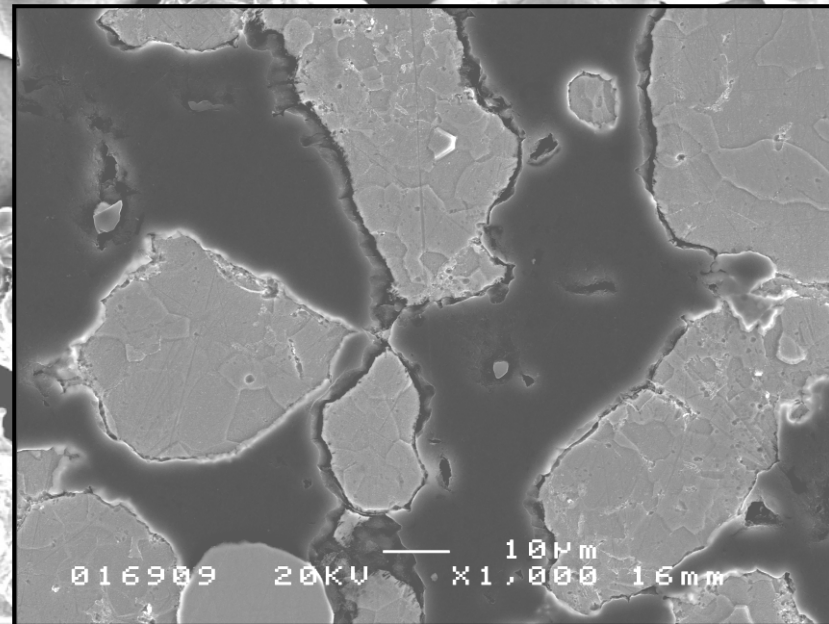
Mostra 6

S.E.M. (Scanning Electron Microscopy)

- Les microfotografies s'han realitzat amb electrons secundaris dl S.E.M. JEOL model JEM 840.

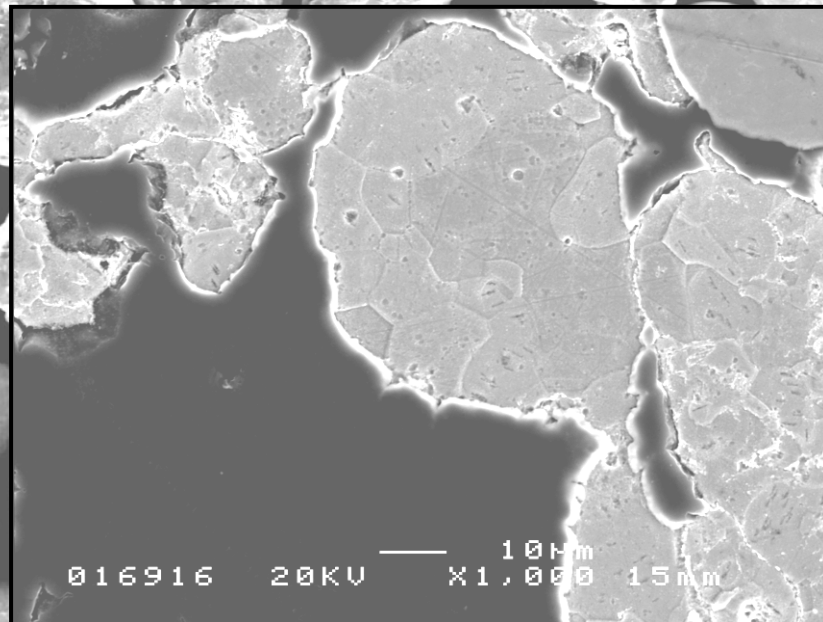


Mostra 1

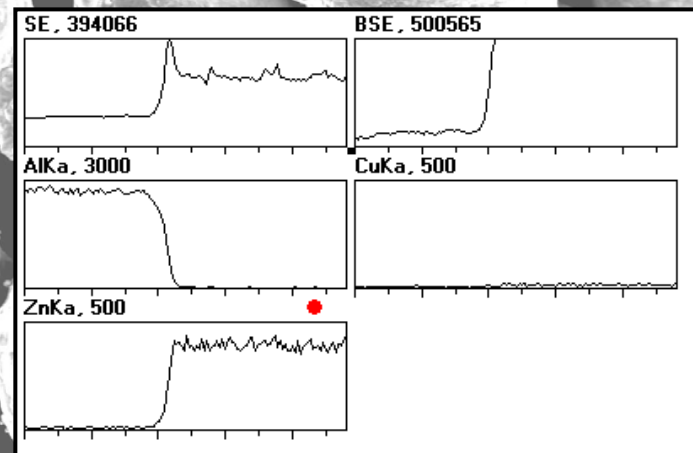
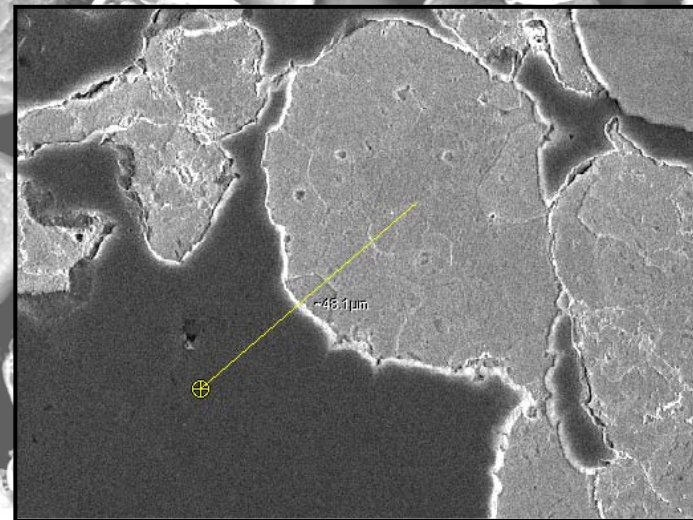


Mostra 2

S.E.M. (Scanning Electron Microscopy)

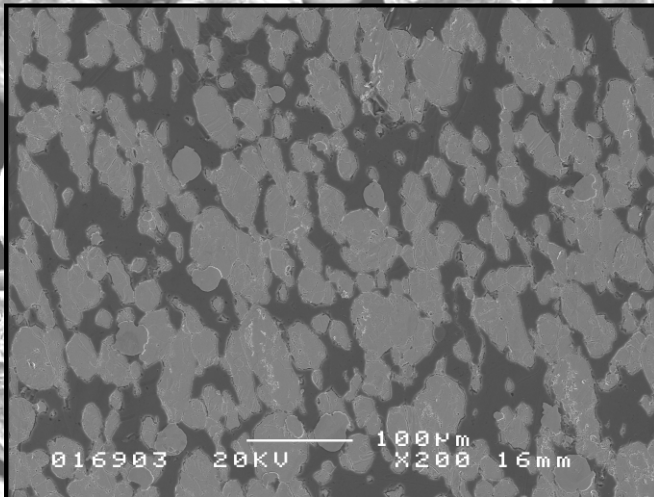


Mostra 3

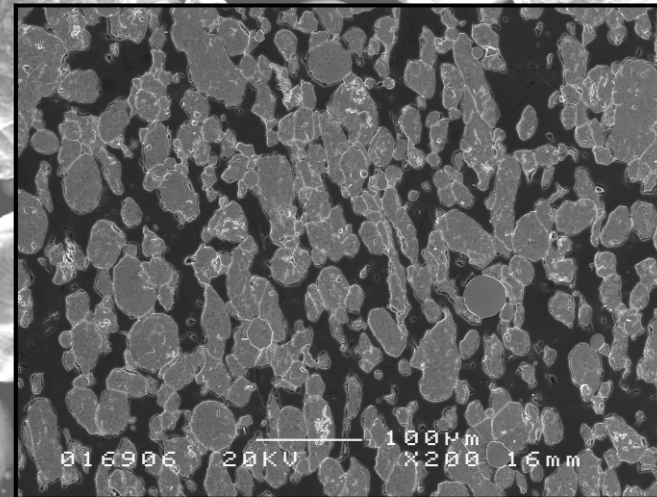


Mapping Mostra 3

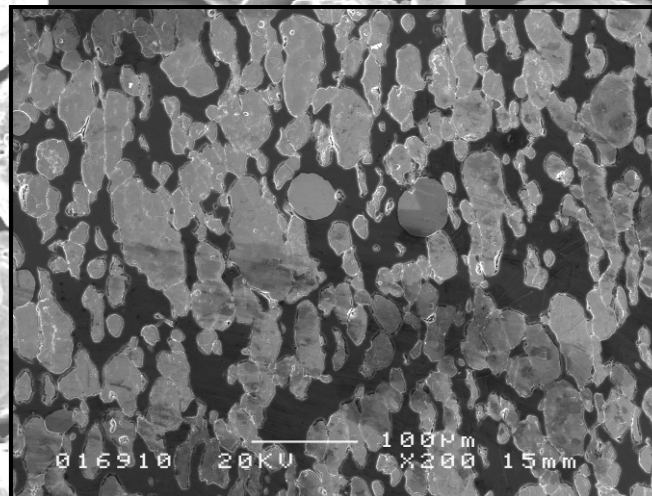
S.E.M. (Scanning Electron Microscopy)



Mostra 1



Mostra 2

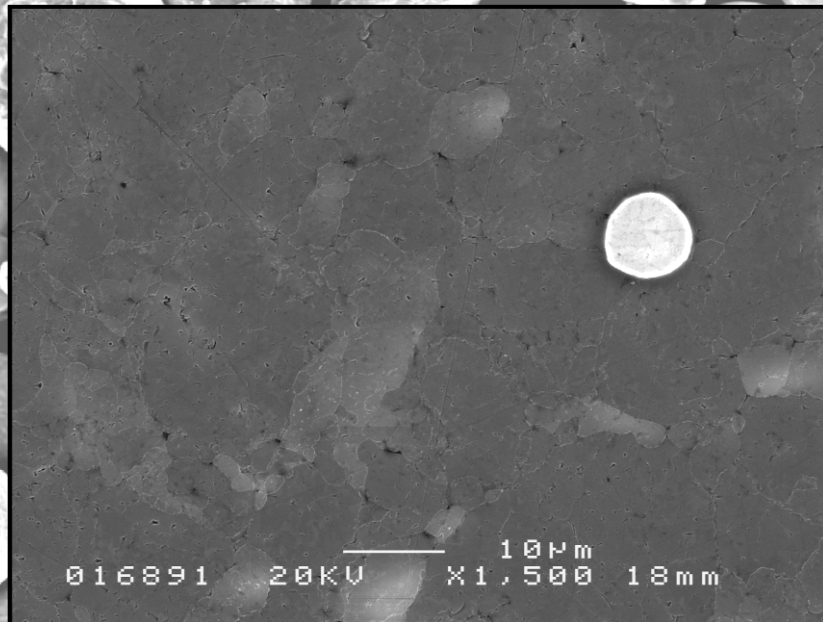


Mostra 3

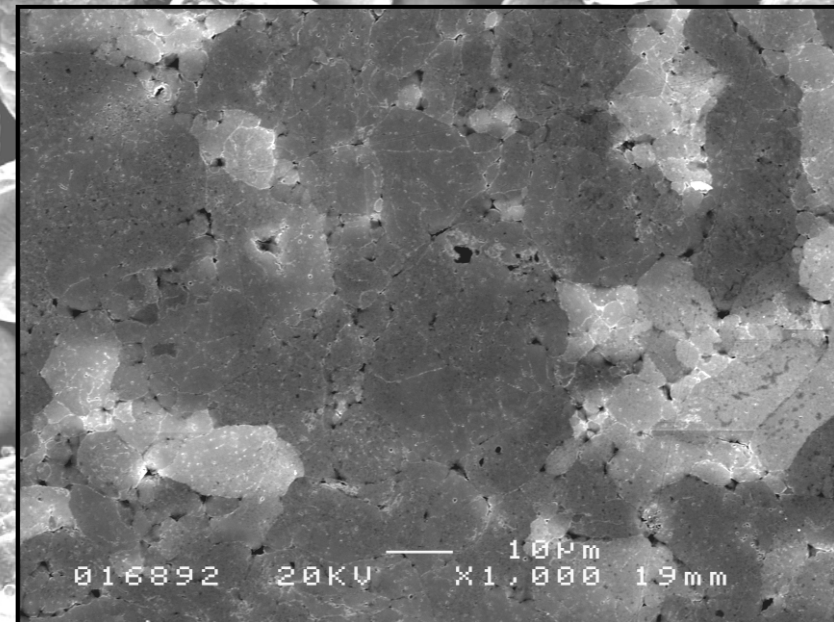
F

F

S.E.M. (Scanning Electron Microscopy)



Mostra 4



Mostra 5

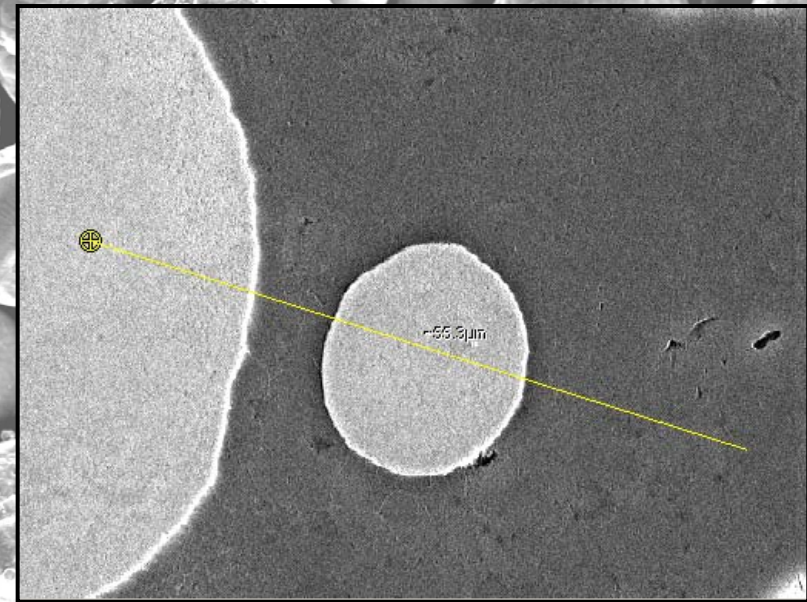
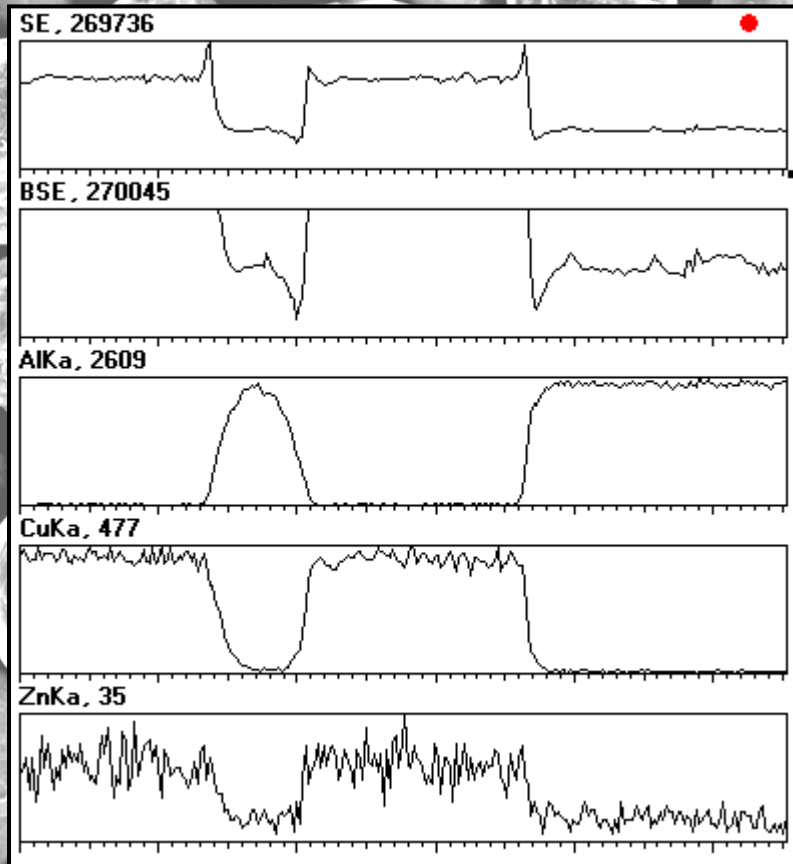
016893 20KV X1,000 19mm

10µm

016894 20KV X1,000 19mm

10µm

S.E.M. (Scanning Electron Microscopy)



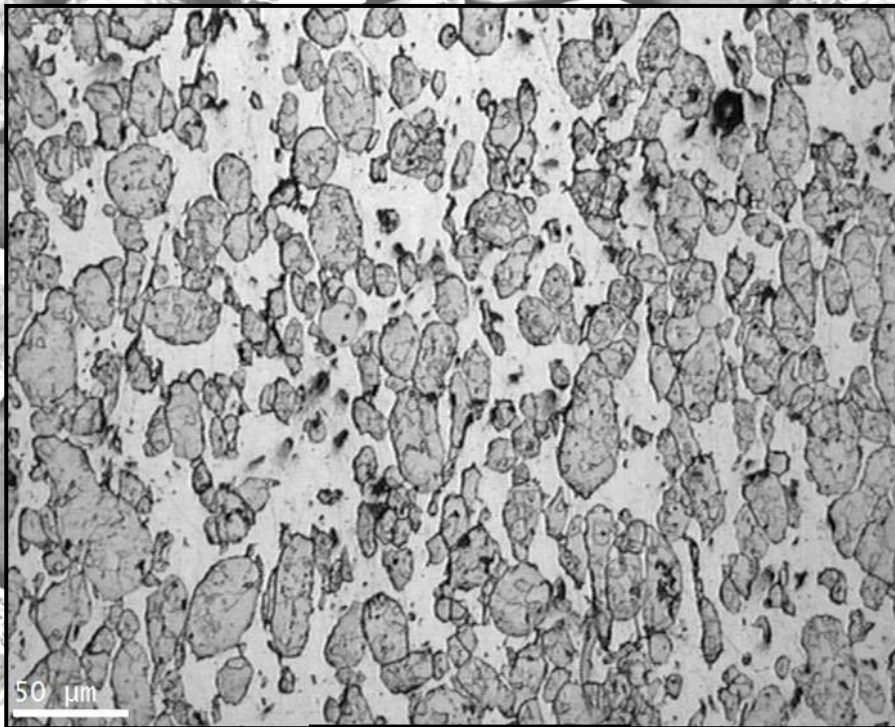
Mapping Mostra 4

0 5932

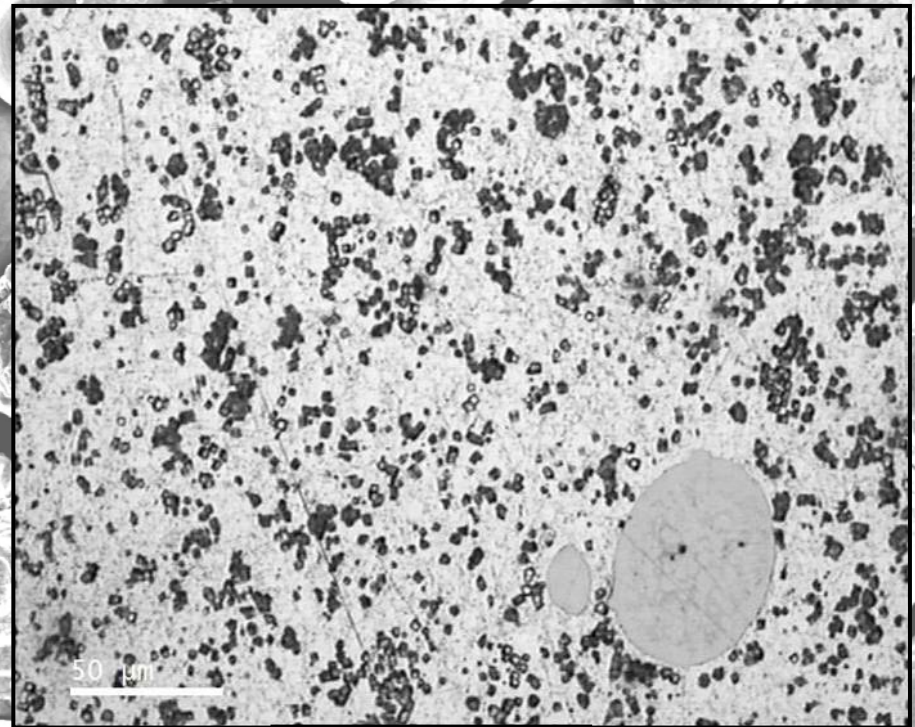
1 9mm

Microscopi Òptic (M.O.)

- S'han realitzat varies fotografies de les mostres amb el M.O. Zeiss.
- Es pot observar els efectes de l'atac químic:
 - Com partícules despreses.
 - Límit de partícula.

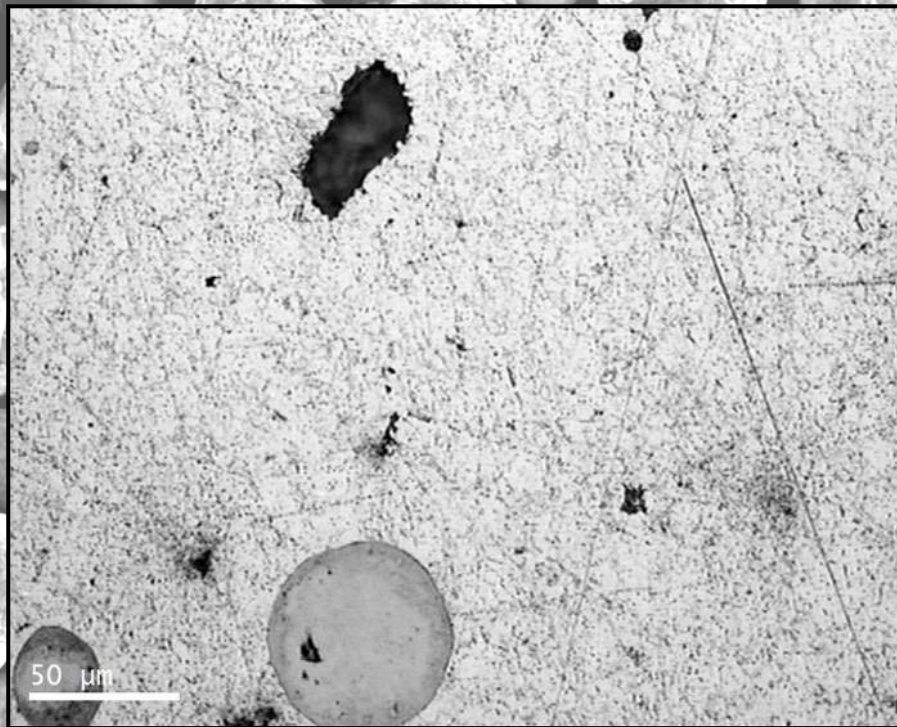


Mostra 1

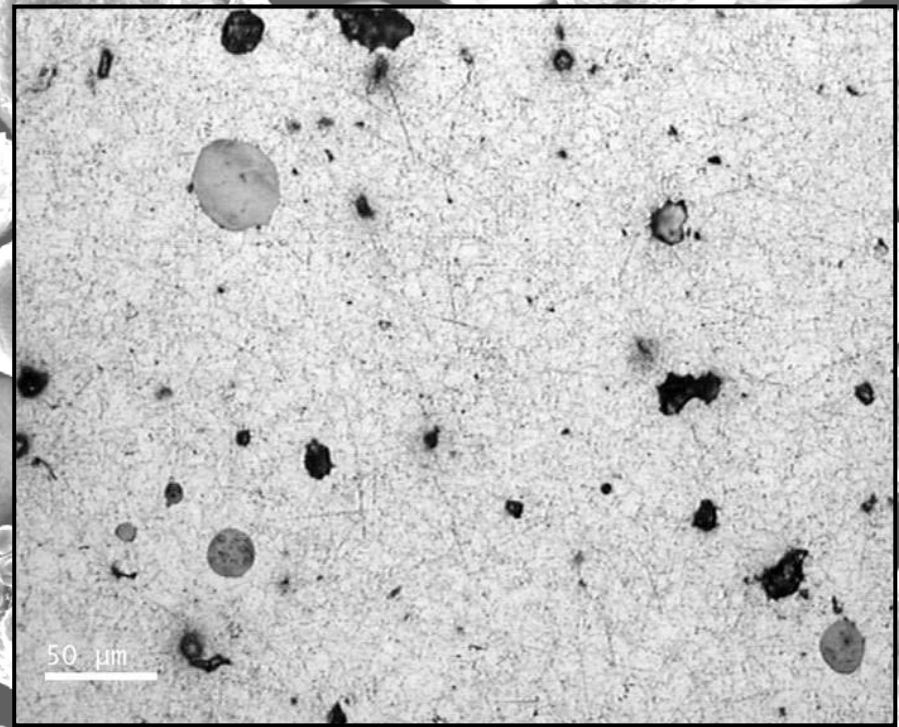


Mostra 6

Microscopi Òptic (M.O.)



Mostra 4



Mostra 5

Comparació grandària de pols i de partícula

- S'utilitza el programa informàtic Gatan per mesurar la grandària.

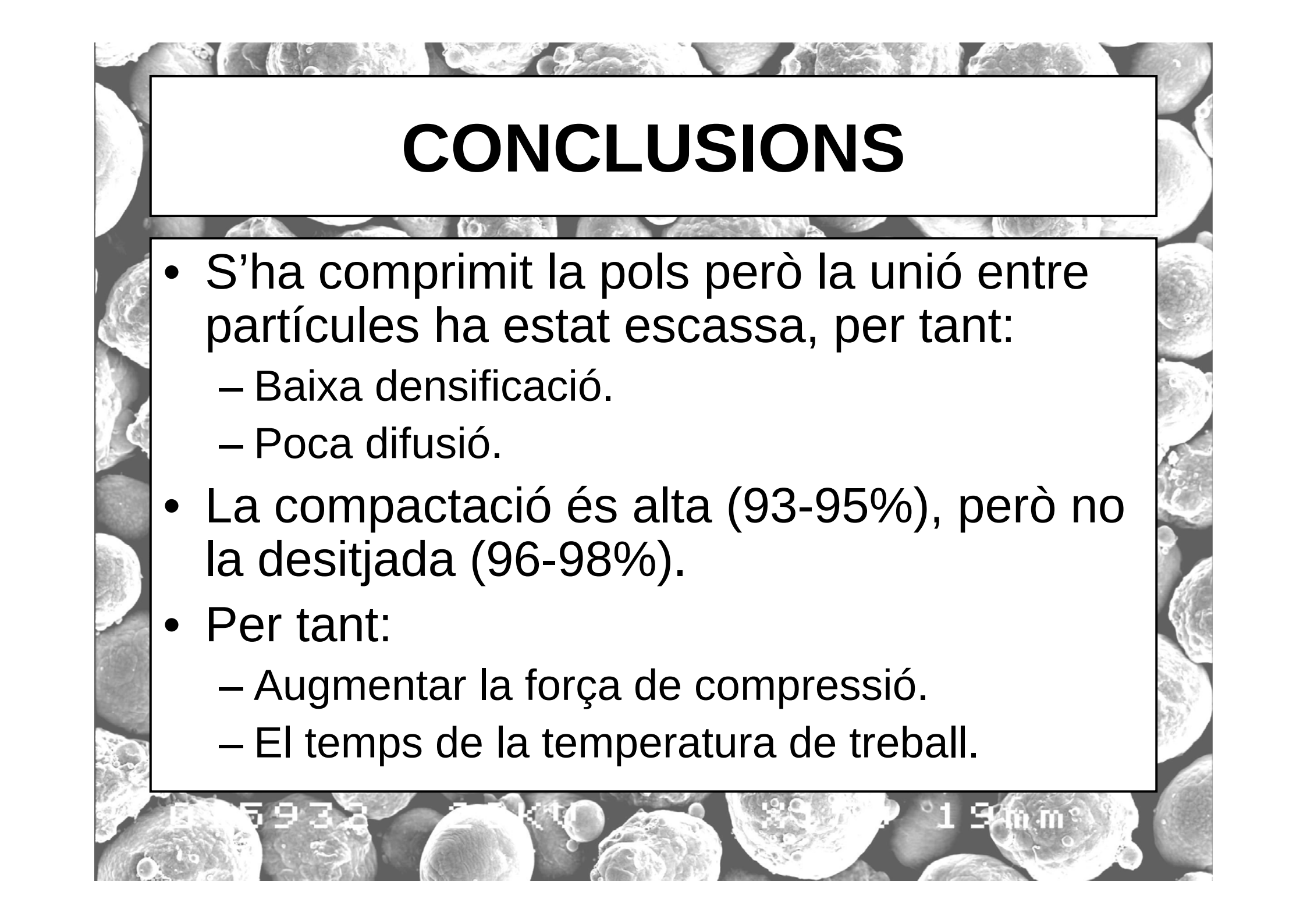
Element	Mitja de la grandària de la pols (µm)
Al	5,026 ± 5,89
Zn	26,628 ± 15,56

Mostra	Element	Mitja de la grandària de la partícula (µm)
Mostra 1	Zn	16,798 ± 11,70
Mostra 2	Zn	16,476 ± 13,85
Mostra 3	Zn	14,812 ± 10,49
Mostra 4	Al	10,721 ± 8,70
Mostra 5	Al	5,723 ± 4,47
Mostra 6	Al	3,843 ± 1,69

Microdureza

- Microindentador VICKERS HARDNESS TESTER.

Mostra	Microdureza pla del tall longitudinal (Hv)	Microdureza pla del tall longitudinal (Hv)
Mostra 2	$46,5 \pm 1,0$	$47,1 \pm 0,8$
Mostra 3	$47,8 \pm 2,2$	$47,8 \pm 1,7$
Mostra 4	$50,0 \pm 0,4$	$50,5 \pm 0,4$
Mostra 5	$51,3 \pm 0,9$	$51,7 \pm 0,2$
Mostra 6	$51,1 \pm 0,4$	$51,1 \pm 0,5$



CONCLUSIONS

- S'ha comprimit la pols però la unió entre partícules ha estat escassa, per tant:
 - Baixa densificació.
 - Poca difusió.
- La compactació és alta (93-95%), però no la desitjada (96-98%).
- Per tant:
 - Augmentar la força de compressió.
 - El temps de la temperatura de treball.

CONCLUSIONS

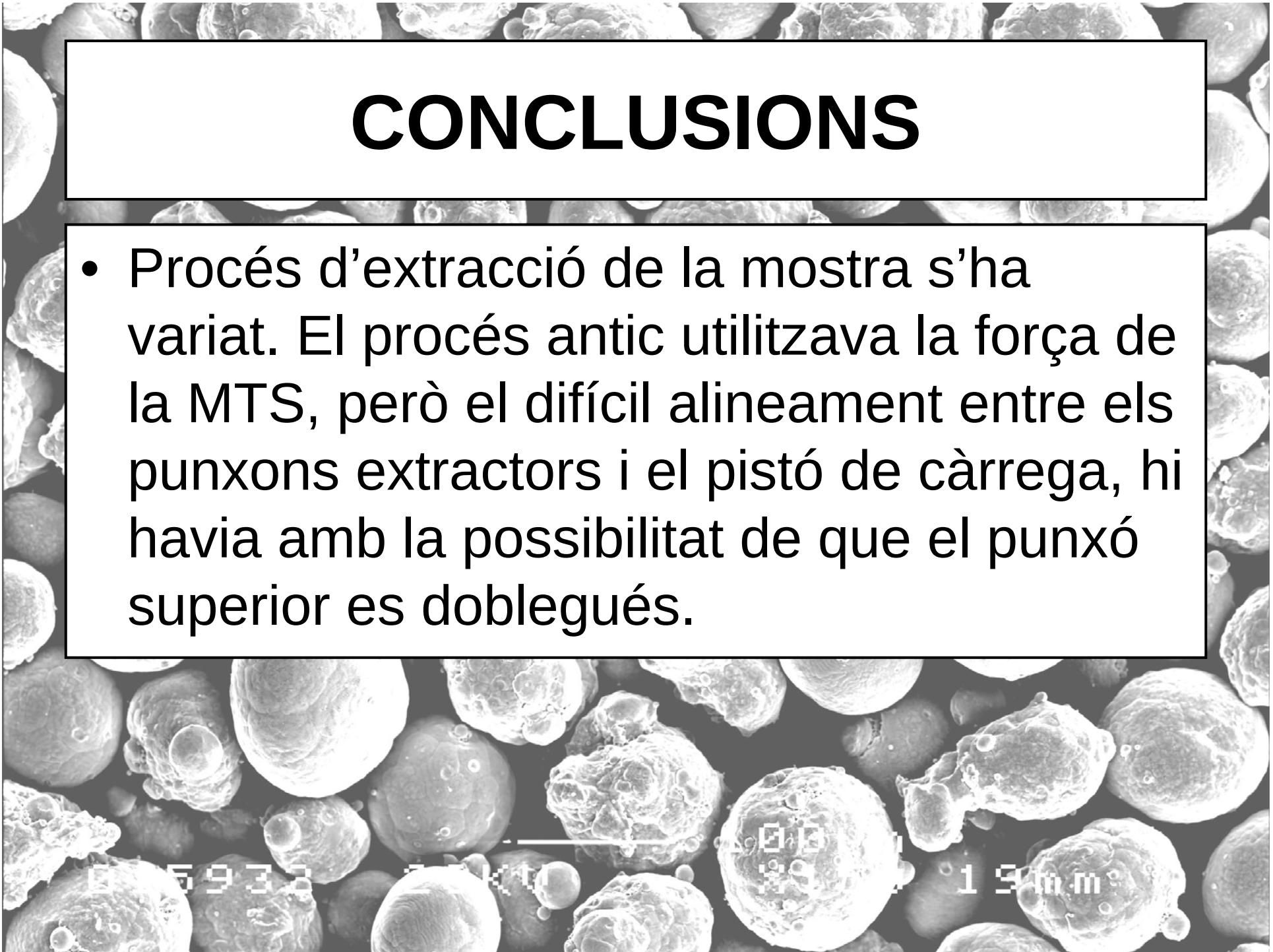
- Es pot augmentar el temps de la temperatura de treball, ja que les mordasses i la galga de compressió no han sofert ningun perill.
- Si es disposes d'un sistema de ventilació es podria augmentar el temps de la temperatura de treball.
- Si el diàmetre de la matriu fos inferior a 8 mm, s'augmentaria la pressió entre partícules.

CONCLUSIONS

- Selecció de pols metàl·lica limitada per les prestacions del dispositiu.
- El Zn i l'Al són aptes perquè no causen cap tipus de desperfecte ni deteriorament.
- Limitat per l'atmosfera de treball, si es pogués controlar es podria utilitzar Mg.
- Possibilitat de treballar amb materials de baix punts de fusió com polímers (tefló, PEHD).

CONCLUSIONS

- Procés d'extracció de la mostra s'ha variat. El procés antic utilitzava la força de la MTS, però el difícil alineament entre els punxons extractors i el pistó de càrrega, hi havia amb la possibilitat de que el punxó superior es doblegués.



PRESSUPOST

Producte	Descripció	Quantitat	Preu (€)
Dispositiu	Cilindres de VANADIS EXTRA 4	5 unitats	224,51
	Mecanització	-	953,72
Mampara de protecció	Fabricada al Servei Tècnic	1 unitat	240,85
Zn	Pot d'1 kg de 66 €	17,38 g	1,15
Al	Pot de 250 g de 30,60 €	25,58 g	3,13
Cu	Pot d'1 kg de 81,60 €	1,29 g	0,10
		Preu total (€)	1.423,46