

Pontepets antîcs e berdei sientifics di vuê

Microscopie par scansion eletroniche (SEM) e microanalisi par dispersion di energjie dai rais-X (EDAX) jenfri archeologjie e chimichefisiche dai materiâi

A L E S S A N D R O B A C H I O R R I N I *

In ricuart di Romano

Ristret. Il scandai par SEM e par EDAX di munçûi di doi antîcs pontepets compagns par materiâl (bronç), fate (in forme di sanguete), sgriadure e misuris al à pandût che, a dispiet des aparencis, no vignivin fûr di une uniche fondite madrîs stant che a àn diferencis grandonis te microstrutture e te composizion de lôr leghe. Par altri il scandai par EDAX al à burît fûr une risulte di no crodi: la presince di pôc mancûl dal 4% di alumini intune des dôs leghis! Leghe che e jere restade sepulide par plui di 2000 agns intune tiere complene di alogjenûrs, avonde acide e eternementri imbombide di aghe.

Peraulis clâf. SEM, EDAX, bronç, alumini, microanalisi.

Premesse

Sutor, ne ultra crepidam! (Cjaliâr no stâ a lâ plui indenant dal çupiel!)

Cetantis voltis che i vecjos de Universitât, cun chê judiziose detule latine, mi vevin sburtât a lâ indenant cun prudence tal frontâ il mistîr di ricercjadôr! Peraulis butadis a slas, se di no no sarès culî a scrivi di anti-ghis “fibulis”, passaitmi il latinisim tant par prevignî che, al mancûl un, dai pontepets che o fevelarai al varès di jessi latin.

Di chê altre bande ce ricercje sientifiche saressie cence lâ “ultra crepidam”?

In curt ce che o vueil dî al è che i archeolics no stedin a pinsirâ, no soi daûr a robâur il mistîr. A son stâts il câs e la curiositât dal ricercjadôr

* Za Ordenari di Sience dai Materiâi, Universitât dal Friûl, Udin, Italie.
Vie Cuatri Fevrâr, n. 7, Tresesin (Ud).

(che no mi mole mai) che mi àn sburtât a interessâmi dai munçûi di doi antîcs pontepets. E al è stât il risultât dal scandai par SEM e par EDAX, almancul par me avonde fûr dal ordenari, che mi sburte a pandilu te speranza che cui che al è dal mistîr mi dedi une man a capî.

Incuadrament dal afâr. I pontepets, bielzà par antîc, no jerin doprâts dome tant che fermaîs ma ancje par ornâ lis viestis (soredut chês des feminis), si che duncje (de prime ete dal bronç fin in di vuê) si indi cjatin di dimensions, materiâi e fatis un grum difarentis.

I pontepets che o vin di fevelâ a son ducj e doi di bronç e a àn fate di sanguete, sgriadure e misuris compagnis (Figure 1): tant che si podarès crodi che a vegnin fûr de buteghe di un sôl artesan si ben che a sedin stâts cjatâts a pluî di 1400 miis di mâr un di chel altri.

Cun di fat, un pontepet (che ore indenant o clamarin “sanguete T”)

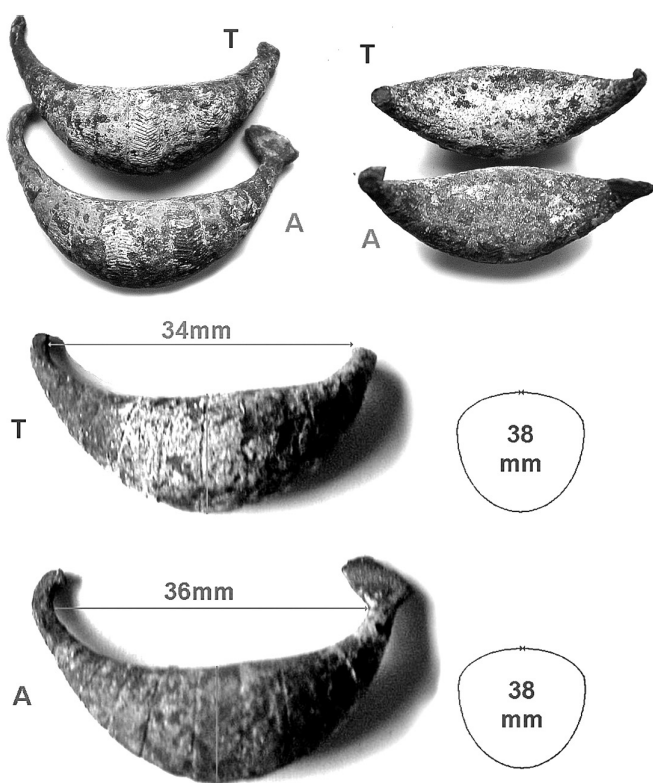


Figure 1. Sanguete T cjatade tal “tophet” di Tharros e sanguete A buride fûr di un cjamp dongje Aquilee. Tes fotografiis adalt lis sanguetis prin di jessi smondeadis, disot daspò smondeadis e suiadis.

al jere restât platât jenfri lis plotis dal cors plui antîc dal “tophet” (cimiteri dai fruts) di Tharros (Figure 2) in chê volte citât-stât puniche dongje dal cjâf Sant Marc, golf di Oristano in Sardegne, là che chel altri (“sanguete A”) al jere restât sepulît intun cjamp dongje di Aquilee.



Figure 2. “Tophet” di Tharros.

A stâ al archeolic che mi à pre-stât il pontepet di Tharros, la sanguete T e varès vût di jessi soterade no dopo dal cuint secul prin di Crist e e varès di jessi fenicie. Daûr di ce che e dîs invezit la coleghe Pisano, archeolighe fenicie-puniche di innomine mondiâl, il pontepet nol è dal sigûr fenici par vie che chê int no à mai produsût fibulis cun fate di sanguete. Seont jê la sanguete T e podarès jessi etrusche o ben italiche e jessi ancje plui antighe dal tophet di Tharros e jessi finide a Tharros daspò di trafic comerciâl.

La sanguete A, fasint part di un “tesaurut” cun monedis romanis dal timp di Luci Corneli Sile o plui antighis, e varès di jessi stade sepulide te ete des proscrizions, ven a stâi jenfri l’81 e il 79 prin di Crist e, seont l’archeolic, e je dal sigûr romane.

Par altri, a gno mût di viodi, il fat di vê cjatât la sanguete A tal tesaurut di Aquilee no oblee dinissun a crodi che la sanguete e sedi dal prin secul prin di Crist ni a crodi che e sedi di produzion locâl e duncje latine, ma e podarès ancje jessi vignude par ereditât o par compre tes mans di cui che al à sepulît il tesaurut e, duncje, jessi une vore plui antighe e produsude tal forest.

Di chê altre bande, simpri a gno mût di viodi, il fat di vê cjatât la sanguete T jenfri lis plotis dal cors plui antîc dal “tophet” di Tharros nol oblee dinissun a crodi che la sanguete e sedi dal cuint secul prin di Crist o plui antighe ni a crodi che e sedi di produzion locâl o italiche. Cun di fat, tignint cont che i latins a dominarin Tharros dal secont secul prin di Crist rivant ancje a disniçâ il “tophet”, la sanguete T e podarès ancje jessi une vore mancûl antighe e produsude tal forest e no jessi par nuie ni fenicie, ni etrusche, ni italiche ma latine.

Cun di plui, stant che i marcjadants di chê ete, par slargjâ i lôr afârs,

a dopravin il Mediterani forsit inmò plui di cumò, mi è vignût naturâl domandâmi se lis dôs sanguetis no fossin zimulis saltadis fûr di une sole buteghe e, po dopo, sparniçadis pal mont.

Analisi, risultis e discussion. Par cirî di gjavâmi almancul il dubi se i doi pontepets a fossin o no zimui gjavâts fûr di une uniche fondite mardrîs, o ai duncje inviât un scandai par viodi la microstruture e la composizion dal bronç dai doi munçûi di sanguete.

Naturalmentri no vevi il dirit di scussâ, e tant mancul di taçâ, lis dôs sanguetis e duncje o ai podût nome doprâ la microscopie par scansion eletroniche (SEM) par viodi la microstruture e la microsonde par dispersion di energjie dai rais-X (EDAX) par stabilî la composizion dai strâts plui esternis.

I munçûi di sanguete prin di jessi scrutinâts a son stâts smondeâts, sot ultrasuns, in aghe distilade par dislontanâ il pulvin e lis incrostazions incoerentis e, po dopo, suiâts sot vueit.

Il SEM doprât pal scandai al jere un *Assing Stereoscan 2000* furnît di une sonde EDAX *Falcon*. Pe analisi morfologjiche si è doprât une tension di acelerazion di 25 keV, puartade a 30 keV pe analisi chimiche (EDAX). Naturalmentri, sedi pe analisi morfologjiche che par chês chimiche si son scrutinadis nome lis zonis libaris di incrostazions.

La analisi morfologjiche, za a ingrandiments piçui (300-1000X), e à pandût che il bronç de sanguete T al à une struture, avuâl di ogni bande, a grignei une vore piçui (2-6 µm) (Figure 3), dulà che chel de sanguete A al à une struture une vore plui grese e, soredut, malavuâl di une bande a chês altre (Figuris 4-6).

Lant a ingrandiments plui alts (5000-20000X) si è viodût che:

- tal câs de sanguete T i grignei a àn struture regolâr cence jenfrisejns di deformazions da fadie mecaniche;
- tal câs de sanguete A i grignei grancj a pandin simpri jenfrisejns di deformazions da fadie mecaniche (Figure 7).

Par viodi la composizion dai doi bronçs si à scugnût scrutinâ cu la microsonde EDAX desenis di microzonis par ogni sanguete.

Si à cjatât (Tabele 1) che: dulà che la sanguete T (Figure 8) e jere di un maraveôs bronç binari di composizion une vore avuâl (Cu 85,6%, Sn 14,4% ± 2,5%), la sanguete A e jere invezit di un orent bronç pentenari

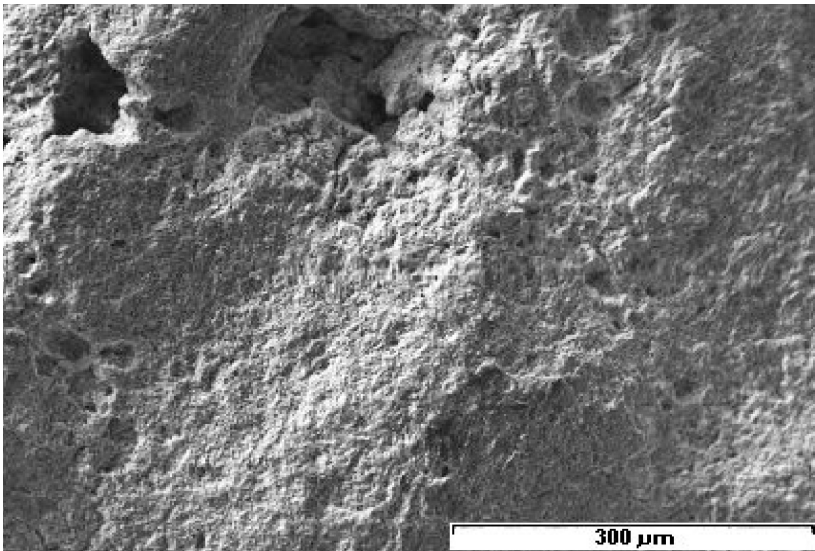


Figure 3. Microstrutture a grignei une vore piçui tipiche de sanguete T.

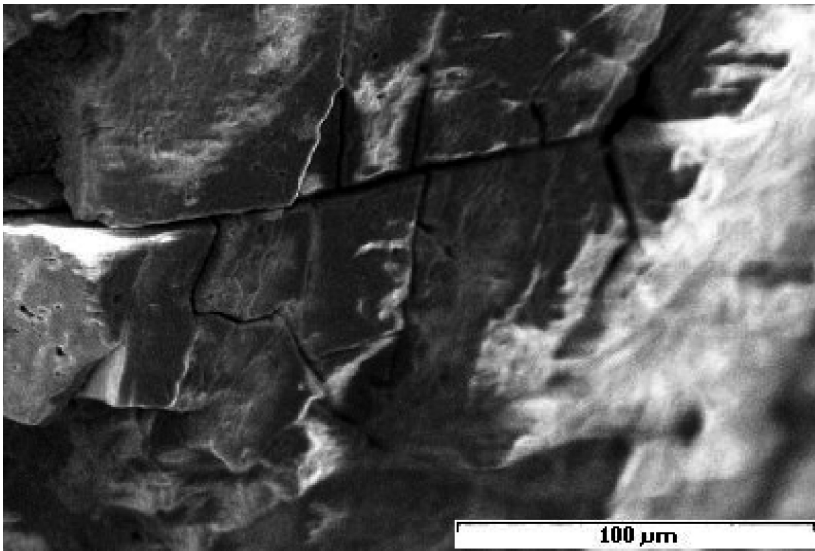


Figure 4. Microstrutture de sanguete A: zonis a grignei grancj.

cuntune composizion (medie: Cu 82,1%, Sn 12,2%, Fe 2,2%, Pb 1,8% e Al 3,8%) che e mudave une vorone di une bande a chê altre (Figuris 9-12).

Alì ret si scugne dî che la plui part des microzonis de sanguete A ana-

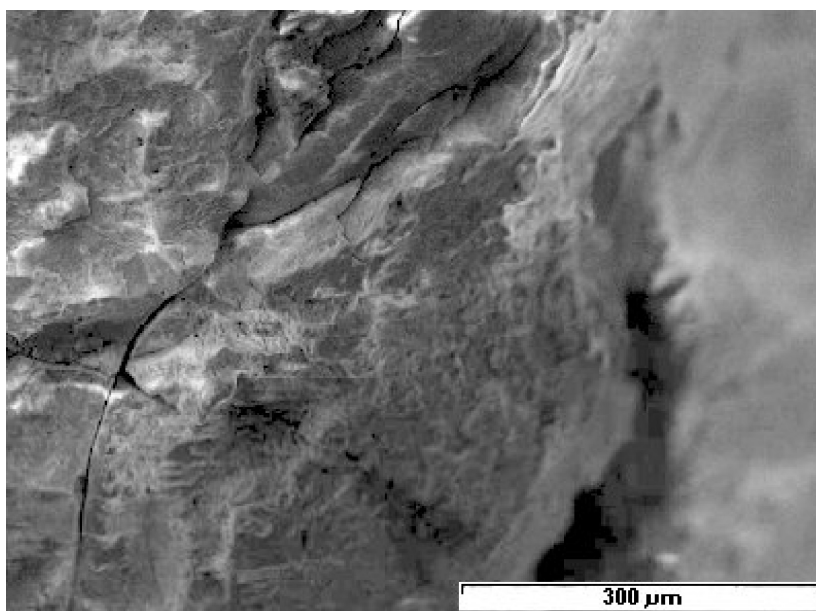


Figure 5. Microstrutture de sanguete A: zonis a grignei une vore grancj di saldature mecaniche di grignei plui piçui.

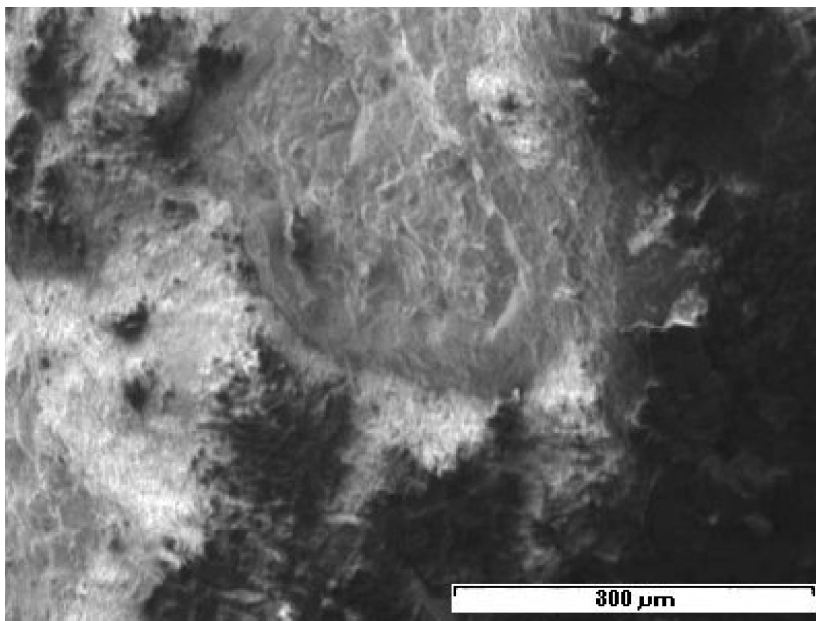


Figure 6. Microstrutture de sanguete A: zonis a grignei une vore piçui.

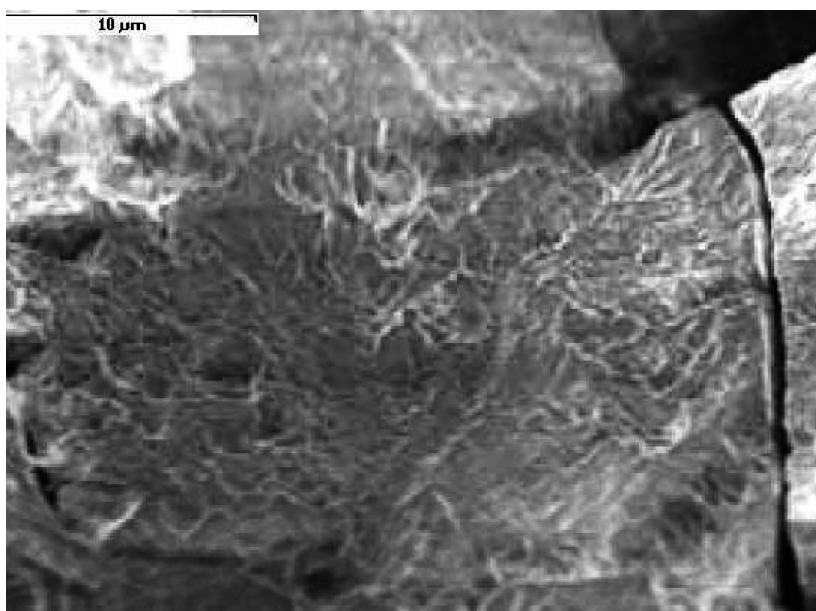


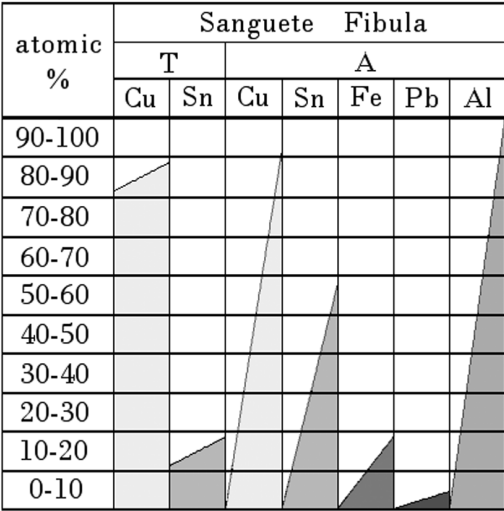
Figure 7. Jenfrisegns di deformazions da fadie mecaniche tai grignei de sanguete A.

lizadis par EDAX a àn pandût la composizion di une leghe cuaternarie (Cu-Sn-Fe-Pb) o pentenarie (Cu-Sn-Fe-Pb-Al). Ma si àn cjatadis ancje microzonis dulà che la leghe e jere nome binarie (Cu-Sn) e fintremai dôs microzonis di alumini pûr (!).

In dispiet des fatîs, sgriadure e misuris compagnis i doi pontepets no son duncje zimui gjavâts fûr di une uniche fondite madrîs, sedi par vie che lis risultis dai esams par SEM e par EDAX a àn metût in evidenza difarencis grandonis te lôr composizion e microstrutture, sedi par vie che lis difarencis morfologjichis des microstruturis viodudis par SEM a segnalin mûts di produzion diviers: fusion par gravitât e limitadis deformazions di finidure pe sanguete T e saldature termomecâniche di grans metalics za a man (forsit, viodudis lis difarencis di composizion cjatadis, refudums di lavôrs precedents) pe sanguete A.

Si puedial duncje jessi sigûrs che i doi pontepets no vegnin fûr de buteghe di un sôl artesan?

Un gno amî oresin e anticuari, che al cognòs une vore ben ce che a jerin usâts a fâ i artesans di chê ete (e no dome di chê ete), mi à dit che, in



Tabele 1. Variaziuns cjtadis par EDAX di une bande a ch  altre des sanguetis tes percentu ls des l r components.

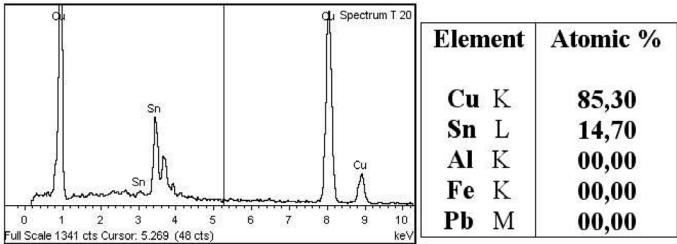


Figure 8. Spetri EDAX tipic de sanguete T.

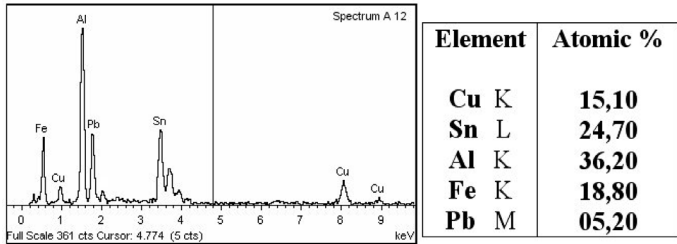
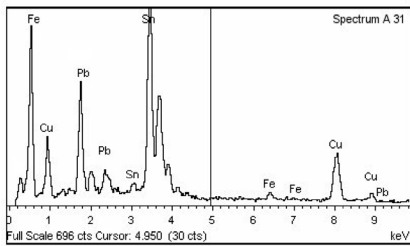


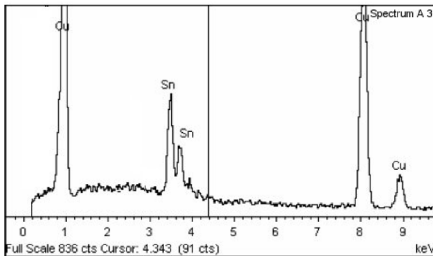
Figure 9. Spetri EDAX di une des tantis microzonis a composizion pentenarie de sanguete A.

mancjance di une marche, no si pues jessi sig urs di nuie! E ancjem  in presince di une marche, no si var s di fid si stant che bielz  par ant c i falsaris no mancjavin. Par altri, la composizion malavu l de sanguete A e da di crodi, al gno am , che ch  sanguete e sedi une copie fate s  di pre-



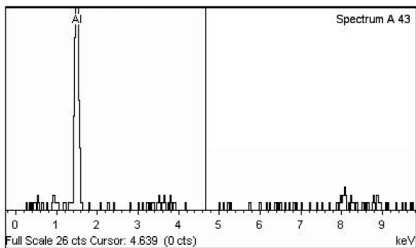
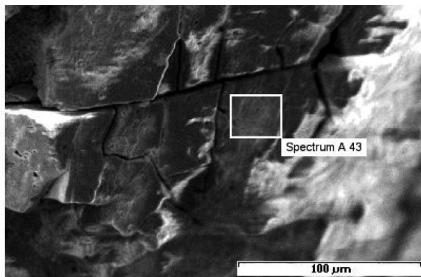
Element	Atomic %
Cu K	28,00
Sn L	46,90
Al K	00,00
Fe K	19,20
Pb M	05,90

Figure 10. Spetri EDAX di une des tantis microzonis a composizion cuaternarie de sanguete A.



Element	Atomic %
Cu K	88,80
Sn L	11,20
Al K	00,00
Fe K	00,00
Pb M	00,00

Figure 11. Spetri EDAX di une des pocjis microzonis a composizion binarie de sanguete A.



Element	Atomic %
Cu K	00,00
Sn L	00,00
Al K	100,00
Fe K	00,00
Pb M	00,00

Figure 12. Une des dôs microzonis di aluminî pûr, e relatîf spetri EDAX, cjetadis te sanguete A.

mure e ae buine par rimplaçândi une altre lade pierdude. Discors compagn mi à fât il dotôr Buora diretôr dai Museus de Citât di Udin.

Val a dî che o restarai malapaiât e mi tocjarà tignîmi il dubi.

Ma, se dal pont di viste archeologic dut il scandai fat nol à dit nuie

di pardabon interessant, no ancjetant si pues dî dal pont di viste de chimichefisiche dai materiâi. In chest câs il fat di vê cjatât l'alumini (ancje pûr) te sanguete A, di sigûr produsude prin di Crist, e je une robe di no crodi.

No cate che tal 1958 i archeolics cinês a vessin cjatât une fiube in leghe di alumini (Al 85%, Cu 10% e Mn 5%) te sapulture dal gjenerâl Chou Chu (265-316 d.d.C.) de dinastie Tsin, fin cumò si jere crodût che l'alumini nol fos cognossût tai timps antîcs e che a scuvierzi l'alumini al fos stât Sir Humphry Davy (tal 1807), che il prin a gjavâlu fûr pûr, no cence grande fature, al fos stât (tal 1825) Hans Cristian Ørsted e che a inviândi la produzion industriâl al fos stât, tal 1858, Henri St. Claire Deville.

In plui, bielzà tal 1845, Friedrich Wöhler al veve mostrât che l'alumini no si lu cjatave libar in nature par vie de sô instabilitât grandone viers ossigjen, acits, basis e sâi.

No bastant chest, l'alumini al à un indiç di eletronegativitât plui bas di chel dal ram e dal stagn e, ancjemò di plui, di chel dai bronçs; si che duncje, cubiât al bronç, al varès di compuartâsi di anodi sacrificabil lisi-mantsi tal dâ catodoprotezion ae leghe.

Cemût isal duncje pussibil che l'alumini al sedi stât doprât in ete latine? E, massime, cemût isal pussibil che l'alumini al sedi stât a contat dal bronç e de tiere par plui di 2000 agns cence reagjî e consumâsi sicu une cjandele?

A stâ al coleghe Fedrizzi, innomenât espert di roseament dai metai de nestre Universitât dal Friûl, l'alumini al varès podût salvâsi dome se sepulît intun teren compagn a chel de sapulture dal gjenerâl Chou Chu, ven a stâi intun teren neutri, cence alogjenûrs, sec e dal dut fis. Ma dulà che la sanguete A e je stade cjatade il teren al è salât, avonde acit, no avonde fis e, soreddut, eternementri imbombât di aghe.

E inalore?!

Isal cualchidun che al po judâmi a distrigâ il gherdei?

O aio di crodi che al sedi vignût il timp di riscrivî, almancul in part, lis fondis de chimichefisiche dai materiâi?

Conclusions. In struc si pues dî che, se di une bande il scandai par SEM e par EDAX dai doi antîcs pontepets al à pandût che, a dispîet des apa-

rencis, no vignivin fûr di une uniche fondite madrîs, di chê altre bande il scandai par EDAX al à burît fûr une risulte di no crodi (la presince di pôc mancûl dal 4% di alumini intune des dôs leghis) che e pararès di imponi une riscritture des fondis de chimichefisiche dai materiâi.

Ringraziaments. Al è just e al conven ringraziâ Luca Paussa dal Dipartiment di Siencis e Tecnologiis Chimichis de Universitât dal Friûl pal jutori tal rivâ insom al scandai par SEM e EDAX.