Estudi preliminar cargol i clau Ball Head System: Avaluació de la resistència a torsió a 0 º, 20 º i 30 º

NUM. PROJECTE: SER12-06

Document realitzat pel Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica de la UPC per a Ball Head System

16 d'Abril de 2012

Biomaterials, Biomechanics and Tissue Engineering

Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Ball Head System BHS

SUMARI

1. Objectiu **2**
2. Materials i mètodes **2**
3. Resultats i discussió
3.1. Tasca 1: avaluació de la resistència a torsió a 0°, 20° i 30° **4**
3.2. Tasca 2: avaluació de la resistència a torsió de diferents tractaments superficials **6**
3.3. Tasca 3: avaluació de la resistència a torsió de la connexió Allen Bola a 20° **8**
3.4. Tasca 4: anàlisi de l'estat del conjunt clau-cargol després de 10 i 30 iteracions amb un parell de 30 N·cm **9**
4. Conclusions **11**
5. Annexos **12**

1. OBJECTIU

L'objectiu del present estudi és determinar la resistència a torsió del conjunt cargol-clau Ball Head System (BHS). L'empresa Ball Head System ha subministrat el següent material per realitzar aquest estudi:

1. Banc de treball amb sis implants dentals fixats a 0 º, 20 º i 30 º d'angulació.
2. 12 conjunts de clau-cargol del tipus BHS (Ref. cargol M2x0,4 HE 4,1mm Ti).
3. 9 conjunts de clau-cargol BHS tractats amb 3 condicions diferents (TiN, CrN DHC-TR).
4. 3 conjunts clau-cargol del tipus Allen Bola (Ref. cargol TPD2+, Talladium, Lleida).

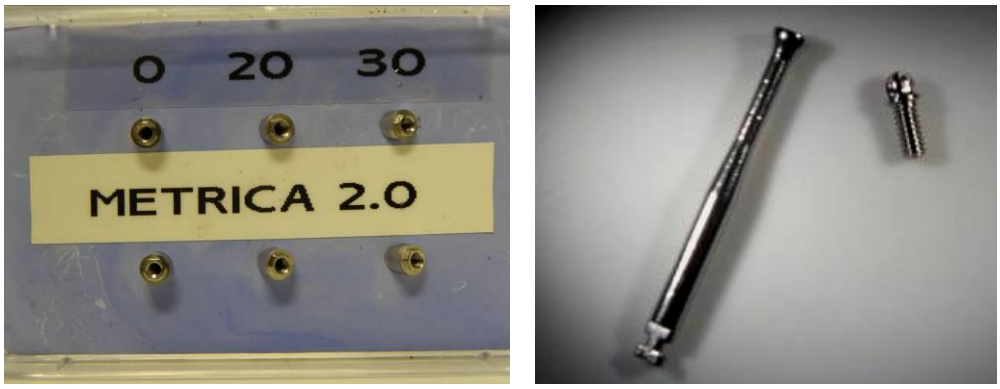

Figura 1. Banc de treball amb les tres angulacions a assajar (esquerra). Conjunt cargol clau BHS (dreta).

2. MATERIALS I MÈTODES

La resistència a torsió dels conjunts clau-cargol subministrats s'avalua amb un torquímetre analògic (model BTG150CN, Tohnichi), sotmetent el conjunt a un parell de torsió progressiu fins a la fractura dels components, tal i com s'observa a la Figura 2. Tots els assajos s'han realitzat pel mateix tècnic i supervisor amb el mateix procediment i materials.

El banc de treball es va fixar a una bancada metàl·lica ranurada. La clau del conjunt es va fixar a partir del dispositiu antirotació i 4 mm per sota d'aquest mitjançant un mànec o adaptador dental (ref. CCUNI0, Talladium, Lleida). Els assajos es divideixen en les diferents tasques anomenades a continuació:

1. Avaluació de la resistència a torsió a 0 º, 20 º i 30 º de 9 conjunts BHS sense tractar.
2. Avaluació de la resistència a torsió de tres condicions de tractament superficial aplicat sobre les claus. S'assagen 3 conjunts per tractament a l'angulació més crítica, analitzada al punt 1.
3. Avaluació de la resistència a torsió a 20 º de 3 conjunts connexió Allen Bola. Aquesta angulació s'ha triat perquè és la màxima capacitat d'angulació d'aquest sistema.
4. Anàlisi de l'estat de 2 conjunts BHS sense tractar després de 10 i 30 iteracions a un parell de 30 N·cm. Una iteració correspon a un cicle de collar i afluixar.

S'analitzen les diferències estadísticament entre els sistemes BHS i Allen Bola mitjançant una anàlisi no paramètrica amb una confiança del 95%. Aquest anàlisis es realitza amb el software SPSS Stadistics 17.0.

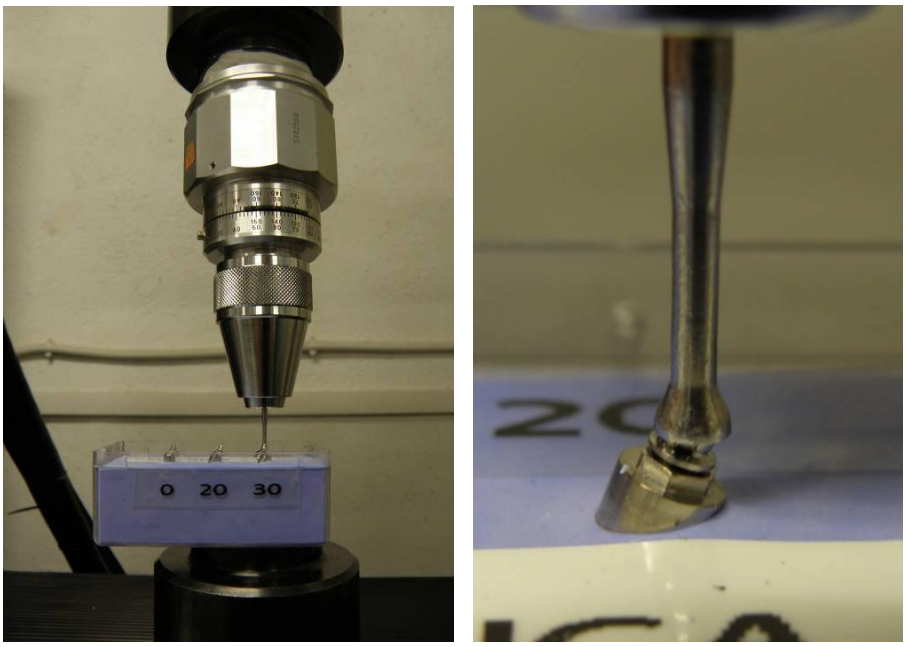

Figura 2. Muntatge del torquímetre analògic amb el conjunt d'assaig.

Les imatges dels conjunts clau-cargol s'han realitzat amb una lupa binocular abans i després de cada assaig. En els assajos de les iteracions, s'han obtingut les imatges mitjançant un microscopi electrònic de rastreig FESEM (JSM-7001F, Jeol, Japó).

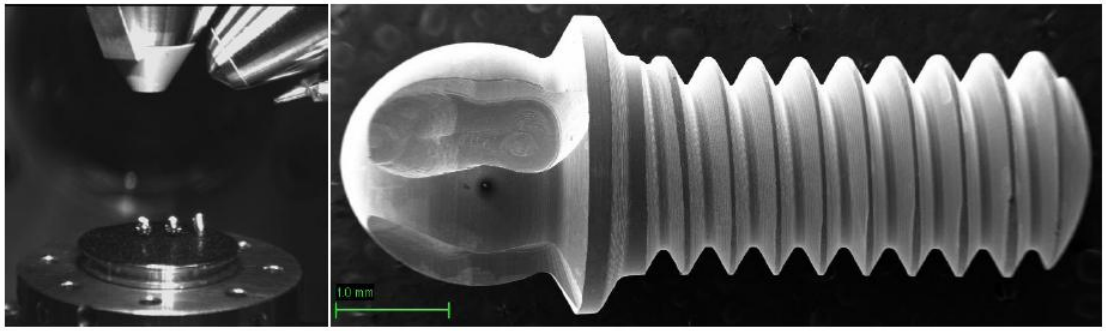

Figura 3. Cargols BHS a l'interior de la cambra del FESEM (Esquerra) i cargol BHS observat al FESEM (dreta). La barra indica 1.0 mm

3. RESULTATS I DISCUSIÓ

3.1. TASCA 1: AVALUACIÓ DE LA RESISTÈNCIA A TORSIÓ A 0 º, 20 º i 30 º

S'assagen 3 conjunts clau cargol per a cada angulació, efectuant una força de torsió amb el torquímetre analògic fins a la fallada del sistema, veure Taula 1. Tots els cargols es van poder desenroscar amb la mateixa clau de l'assaig, amb una clau nova o amb una pinça de laboratori. Posteriorment, s'analitzen les diferents fallades i deformacions del conjunt.

Taula 1. Resultats obtinguts en els assajos a les diferents angulacions.

Angle	Mostra	Parell de torsió màxim (N·cm)	Lloc de fallada	Descargola	Mitjana (N·cm)
0 º	1	110	Rosca	Sí*[2]	**86**±20
	2	78	Ranures	Sí	
	3	72	Ranures	Sí	
20 º	1	70	Ranures	Sí	**67**±12
	2	54	Ranures	Sí	
	3	78	Eina i ranures	Sí	
30 º	1	40	Ranures	Sí	**54**±12
	2	60	Ranures	Sí*[1]	
	3	74	Eina i ranures	Sí*[1]	

*[1]Descargola amb una clau nova. *[2]Descargola amb pinça de laboratori.

A continuació es descriuen els diferents tipus de fallida que han experimentat els conjunts assajats. Han estat classificats en fallada per la rosca del cargol, per les ranures del cap del cargol o per les ranures del cargol juntament amb fractura de la clau.

Fallada per la rosca

Només hi ha un cargol amb aquest tipus de fractura dúctil, la mostra M1 a 0 º. La torsió màxima a fractura ha estat de 110 N·cm. Aquest parell de forces torsionals ha estat el màxim en tots els assajos. A més, s'observa que la ranura del cap del cargol ha experimentat menor deformació en comparació amb la resta de cargols assajats a 0 º.

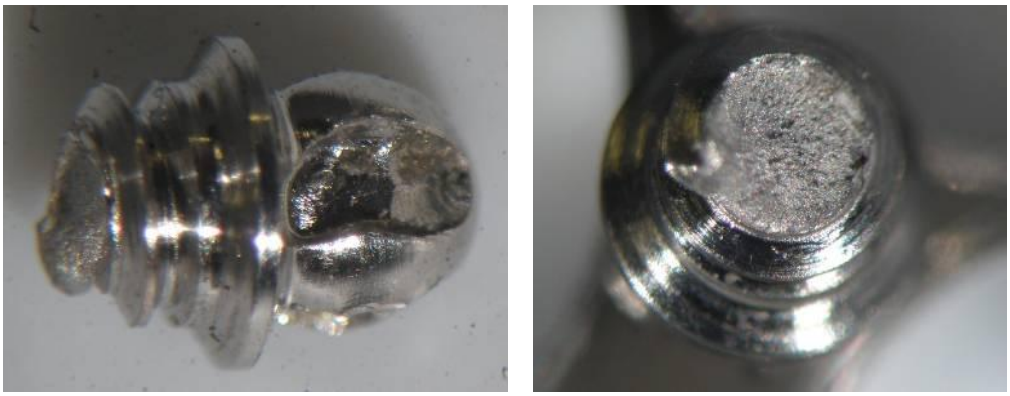

Figura 4. Detall del trencament per la rosca (esquerra) i imatge de la superfície de fractura (dreta)

Fallada per les ranures

La major part dels cargols assajats han trencat per les ranures de subjecció amb l'eina presents a la cabota. En aquests casos s'observa una deformació variable del cap del cargol, que ha estat la causa principal de la fallada del conjunt. A més a més, s'observa que a major angulació es produeix un lleuger augment de la deformació plàstica de les ranures del cargol.

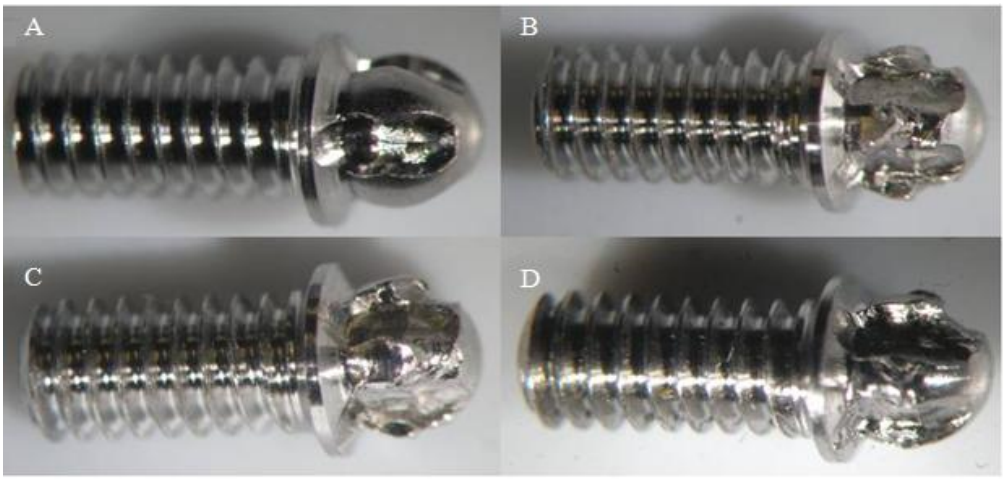

Figura 5. Cargols BHS amb fallida a les ranures. (A) Cargol sense assajar, (B) testat a 0 º, (C) a 20 º (C) i (D) a 30 º.

En el cas de l'eina, s'observa la mateixa tendència però amb una deformació més acusada del seu interior a mesura que augmenta l'angulació de l'assaig. La deformació plàstica del metall es concentra a la superfície de contacte entre l'eina i el cargol, degut a la concentració de càrrega mecànica en aquests punts.

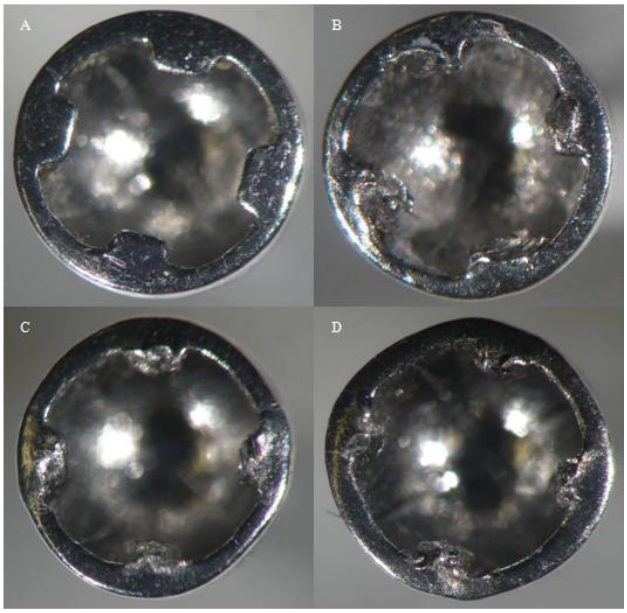

Figura 6. Vista interior de l'eina BHS sense deformar (A), eina de l'assaig a 0 º (B), eina de l'assaig a 20 º (C) i eina de l'assaig a 30 º (D).

Fallada per les ranures i per l'eina

En un dels assajos a 20 º i en un dels assajos a 30 º, a més de la deformació de les ranures del cargol (veure apartat anterior) es produeix el trencament de l'eina, veure la Figura 7. Tot i així, la trencada de l'eina no l'eximeix de la deformació plàstica interior, que absorbeix part de la força de torsió. Un altra dada rellevant d'aquests dos casos és que aquests conjunts han estat els més resistents de la seva sèrie.

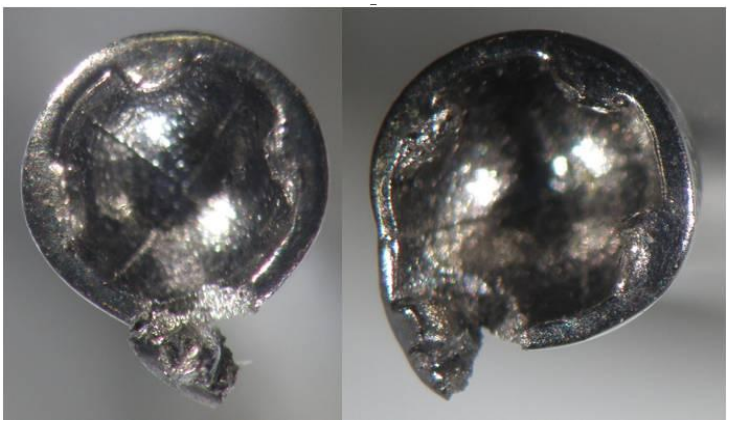

Figura 7. Vista interior de l'eina BHS assajada a 20 º (dreta) i 30 º (esquerra).

3.2. TASCA 2: AVALUACIÓ DE LA RESISTÈNCIA A TORSIÓ DE DIFERENTS TRACTAMENTS SUPERFICIALS

S'ha comparat la resistència a la torsió de 3 conjunts clau-cargol per a cada tractament superficial aplicat sobre les claus. Tots els assajos s'han realitzat a 30 º d'angulació ja que aquesta ha estat la situació més crítica resultant dels assajos anteriors (apartat 3.1.). La Taula 2 resumeix els resultats obtinguts.

Taula 2. Resultats obtinguts en els assajos dels diferents recobriments aplicats sobre les claus BHS

Recobriment	Mostra	Parell de torsió màxim (N·cm)	Descargola	Mitjana (N·cm)
CrN	1	72	Sí	**82**±20
	2	68	Sí	
	3	106	No	
DHC-TR	1	88	Sí	**107**±31
	2	144	Sí	
	3	90	Sí	
TiN	1	80	Sí	**90**±10
	2	90	Sí	
	3	100	No	

Després de la realització de l'assaig, ha estat impossible extreure les mostres TiN-Num. 3 i CrN-Num. 3 dels implants del banc perquè les ranures han quedat totalment malmeses i no es podia treure ni amb una clau nova ni amb la clau de pressió (veure Annex 5.1.). Es va intentar retirar amb l'ajuda d'una fresa i tampoc va ser possible. Aquest fet ha provocat la inutilització del dispositiu a 30 º d'angulació.

Els assajos realitzats amb els conjunts clau-cargol en que l'eina ha estat recoberta amb CrN són els que han presentat un menor parell de torsió màxima en comparació amb la resta de recobriments, encara que les diferències observades no són estadísticament significatives.

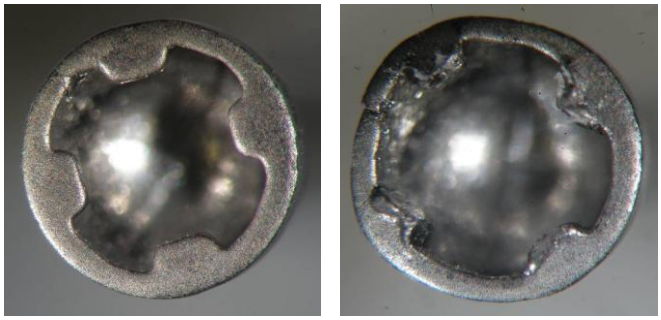

Figura 8. Vista interior de l'eina BHS amb recobriment CrN abans (esquerra) i després de l'assaig (dreta)

La clau tractada amb DHC és la que ha presentat major resistència a torsió. En aquest cas, l'eina ha deformat la seva geometria interior i una de les mostres ha trencat per la part de connexió ISO 1797 -no tractada- amb el torquímetre, veure Figura 9.

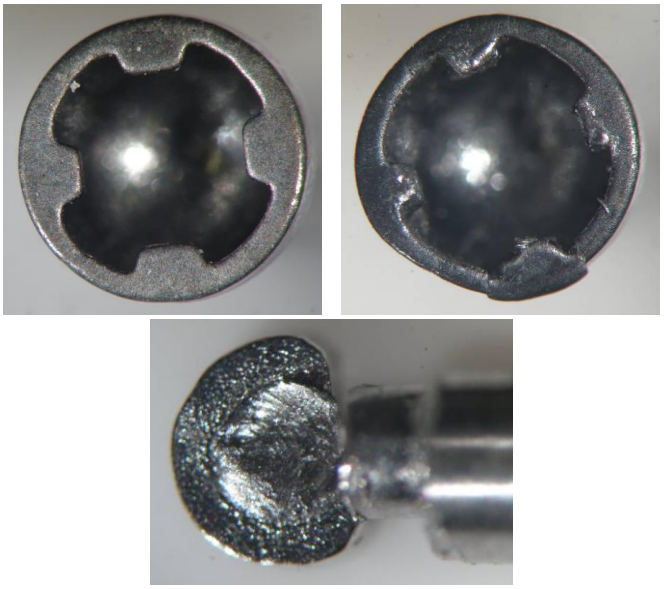

Figura 9. Vista interior de l'eina BHS recoberta amb DHC sense assajar (esquerra), després d'assajar (dreta) i superfície de trencada de la part superior de l'eina (a baix).

Finalment, les claus recobertes de TiN han presentat un parell de torsió màxim i una tipologia de fallida semblant a les claus tractades amb CrN, tot i que millorant lleugerament els resultats.

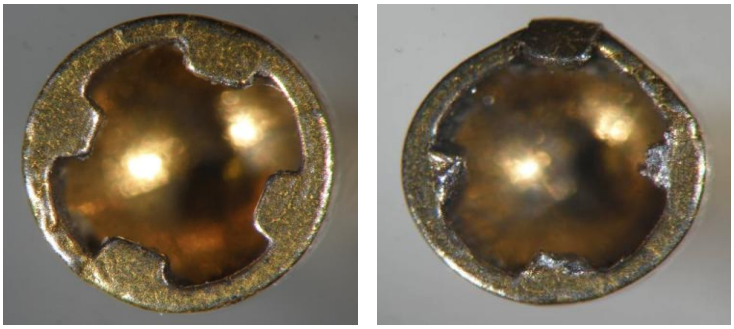

Figura 10. Vista interior de l'eina BHS recoberta amb TiN abans (esquerra) i després de l'assaig (dreta).

3.3. TASCA 3: AVALUACIÓ DE LA RESISTÈNCIA A TORSIÓ DE LA CONNEXIÓ ALLEN BOLA A 20 º

Tres conjunts clau-cargol tipus Allen Bola s'assagen a torsió amb una angulació de 20 º i s'observa la ruptura dels mateixos. Aquest assaig s'ha realitzat a 20 º ja què la connexió Allen Bola no permet angulacions superiors. La taula 3 recull els resultats obtinguts.

Taula 3. Resultats dels assajos del conjunt Allen Bola a 20 º.

Mostra	Parell de torsió màxim (N·cm)	Descargola	Mitjana (N·cm)
1	44	No*	
2	48	No*	**45**±2
3	44	No*	

*Es descargola amb una clau de pressió de taller.

En aquest cas s'observa un únic tipus de trencada: les eines no experimenten deformació apreciable, com s'aprecia a la Figura 11, mentre que la part interior dels cargols experimenta una important deformació plàstica amb certa pèrdua de material, com mostra la Figura 12. En els tres casos, per tant, el conjunt clau-cargol falla per la deformació experimentada al cargol, que només pot descargolar-se amb una clau de pressió de taller, eina de difícil aplicació en una reconstrucció protèsica.

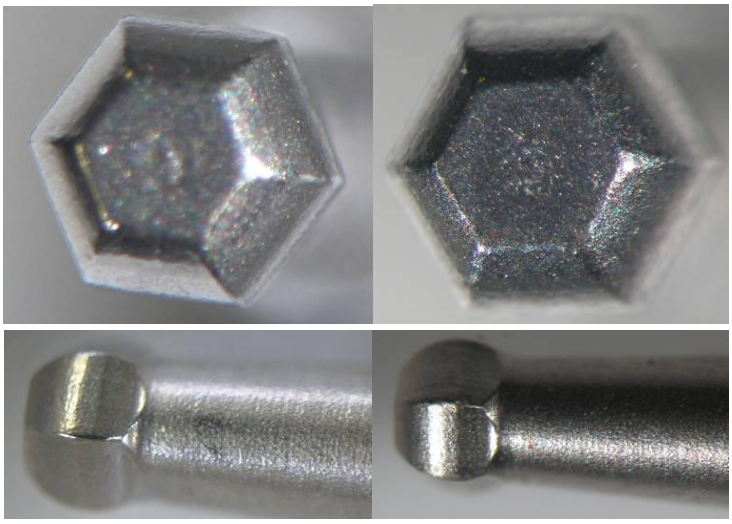

Figura 11. Eina Allen Bola original (esquerra) i eina un cop assajada (dreta).

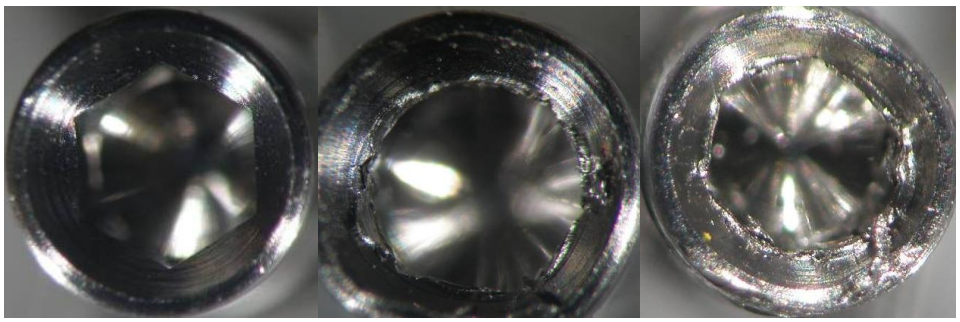

Figura 12. Cargol Allen original (esquerra) i cargols Allen assajats (centre i dreta)

3.4. TASCA 4: ANÀLISI DE L'ESTAT DEL CONJUNT CLAU-CARGOL DESPRÉS DE 10 I 30 ITERACIONS AMB UN PARELL DE 30 N·CM

Les iteracions s'han realitzat a una angulació de 20 º i amb un parell de força de 30 N·cm, parell de torsió freqüentment utilitzat en cargols de retenció protèsica. Un cop assajats, s'observen els conjunts sense tractar al FESEM per analitzar la deformació produïda en les iteracions.

En el cas de 10 iteracions s'observa deformació de l'eina localitzada en la zona corresponent al sentit del parell de torsió i una deformació mínima en el sentit contrari, corresponent a la força que cal exercir per tornar a descargolar el cargol i preparar-lo per a la següent repetició.

En el cas de 30 iteracions, les protuberàncies de l'eina esdevenen més deformades que en el cas anterior pel que fa al sentit del parell de torsió, com veiem a la Figura 13. Tot i això, el conjunt es pot cargolar i descargolar sense cap incidència en totes les iteracions, malgrat que la deformació corresponent al sentit d'afluixament del cargol és també lleugerament major que en el cicles de 10 iteracions.

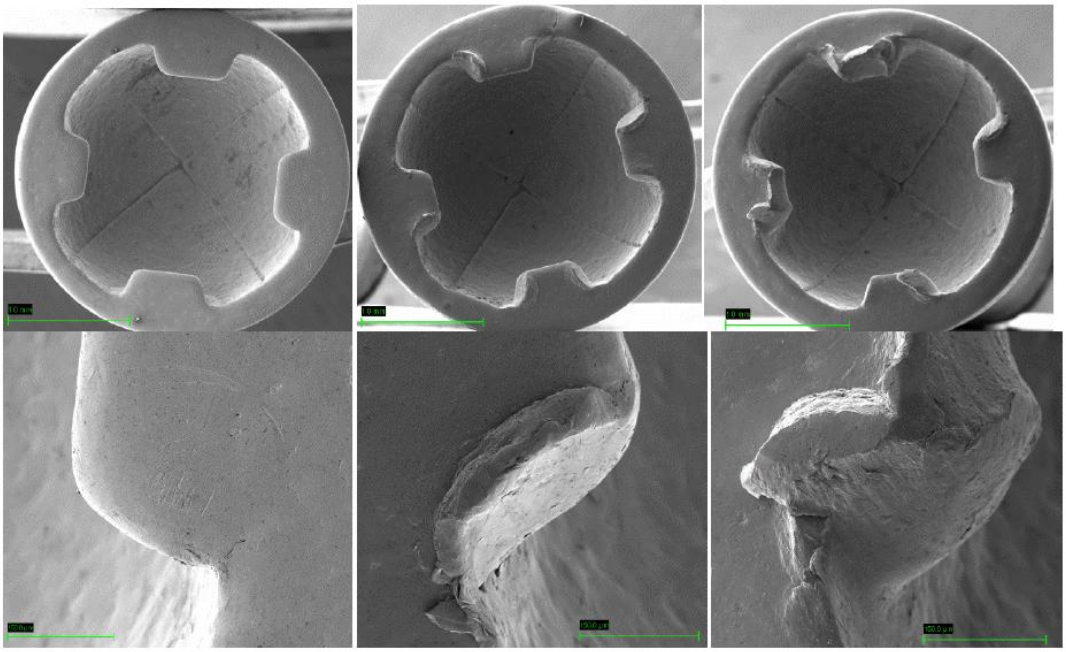

Figura 13. Detall de l'eina original BHS (esquerra), l'eina després de 10 iteracions (centre) i l'eina després de 30 iteracions (dreta). Les barres superiors indiquen 1,0 mm i les inferiors 150 µm.

En el cas dels cargols, en ambdós casos pateixen deformació en les ranures del cap, però és a 30 iteracions on la deformació és més visible, com apreciem a la Figura 14. No obstant, com es menciona anteriorment, aquesta deformació creixent no impedeix de dur a terme els tests fins que totes les iteracions han estat realitzades.

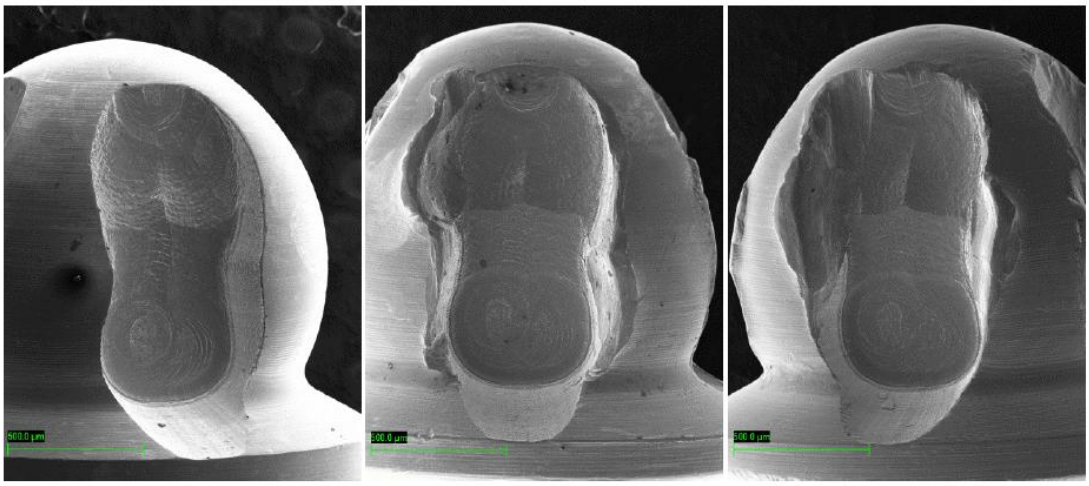

Figura 14. Detall de la ranura del cargol BHS original (esquerra), després de 10 iteracions (centre) i després de 30 iteracions (dreta). Les barres indiquen 500 µm.

A més, el desgast degut a les diferents iteracions es pot observar als fils de la rosca, com podem veure a la Figura 15.

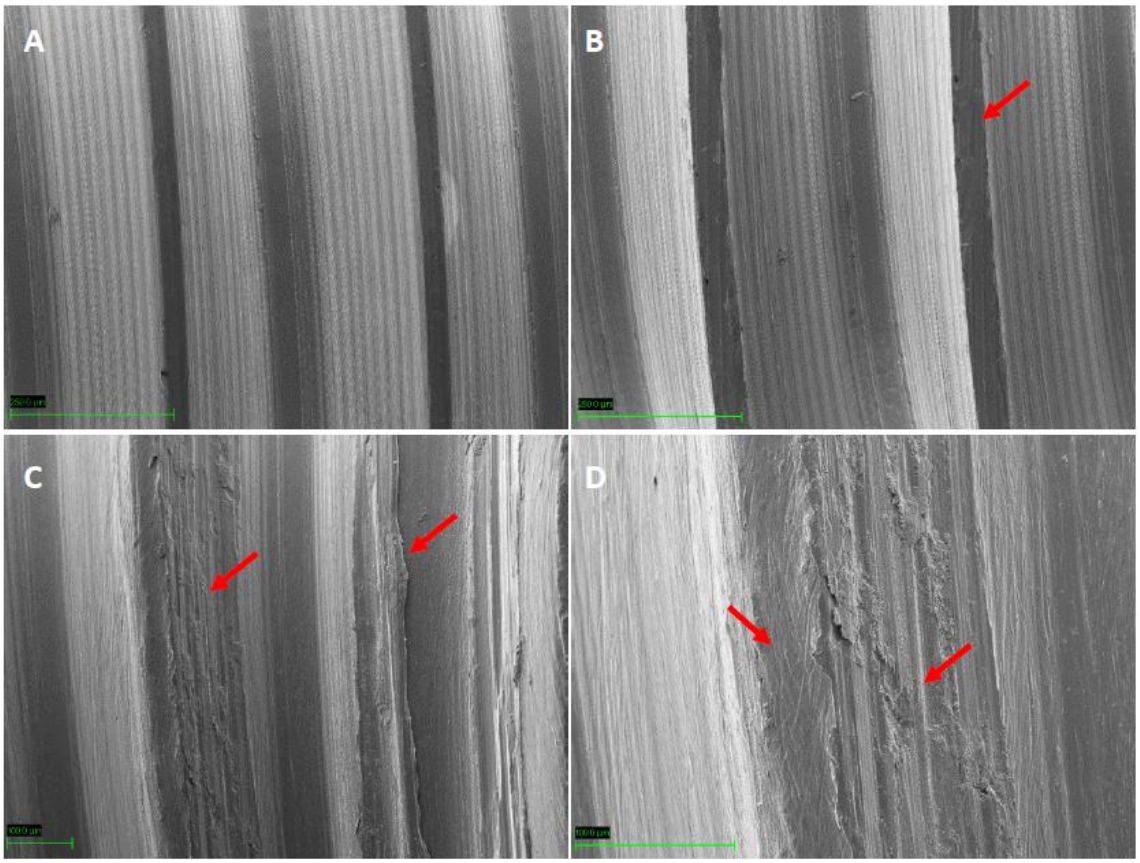

Figura 15. Detalls dels fils de la rosca del cargol BHS original (A), cargol després de 10 iteracions (B) i cargol després de 30 iteracions (C). (D) correspon a una ampliació de l'erosió superficial observada després de les 30 iteracions. Les barres superiors indiquen 250 µm i les inferiors indiquen 100 µm.

4. CONCLUSIONS

A partir dels resultats obtinguts als diferents assajos es pot concloure que:

- L'angulació analitzada més crítica per als conjunts BHS (clau i cargol sense tractament superficial) correspon als 30 º de desviació respecte a l'eix d'inserció del cargol, on el parell de torsió màxim és de 54±12 N·cm.

- A 20 º els conjunts BHS (cargol i clau sense tractament superficial) suporta una mitjana de 67±12 N·cm, mentre que el sistema Allen fa fallida als 45±2 N·cm, en les mateixes condicions. També a 20 º, els cargols BHS portats a fallida es van poder descargolar amb la pròpia clau en tots els casos, mentre que els cargols dels sistema Allen van haver de descargolar-se mitjançant una clau de pressió de taller, també en tots els casos.

- El tipus de fallida més general de la connexió BHS es déu a la deformació de les ranures del cargol i de la part interior de l'eina.

- Els tres recobriments superficials de la clau augmenten el parell de torsió màxim respecte a la clau sense recobrir a l'angulació més exigent assajada, de 30 º. La clau DHC és la condició que major parell de torsió ha suportat en aquest test, amb un resultat de 107±31 N·cm, encara que les diferències no són estadísticament significatives respecte als altres tractaments en CrN i TiN estudiats.

- La deformació i el desgast dels conjunts BHS (cargol i clau sense tractament superficial) augmenta proporcionalment a les iteracions a un parell de torsió de 30N·cm i 20 º d'angulació. La deformació és més rellevant després de 30 iteracions, cicle en el qual el cargol es pot cargolar i descargolar sense cap incidència.

Barcelona, 03 d'abril del 2012

Dr. Javier Gil Mur
Catedràtic de Universitat

Luis Delgado
Personal Investigador

Mònica Ortiz
Personal Investigador

Judit Buxadera
Personal Investigador

UPC
Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica

5. ANNEXOS

5.1. Clau de pressió de taller

Figura 16. Imatge d'una clau de pressió de taller.

5.2. Duresa superficial dels diferents tractaments

Es va determinar la duresa Vickers dels diferents recobriments respecte a la de les claus sense tractar mitjançant un microduròmetre Vickers Akashi MVK-HO en el sentit longitudinal de la clau.

La càrrega de la indentació va ser de 200 grams i el temps 30 segons. Es van analitzar tres claus per condició i es van realitzar tres mesures per clau.

Els valors de duresa superficials es resumeixen a la Taula 4. Físicament, la duresa superficial augmenta a mesura que augmenta el valor de duresa Vickers (HV).

Taula 4. Duresa superficial dels diferents recobriments (Valor mig és desviació estàndard).

Descargola	Mitjana HV (N·cm)
Sense recobrir	339±38
DHC-TR	597±37
TiN	776±73
CrN	873±35

Els resultats mostres com els tres recobriments augmenten la duresa superficial de les claus BHS i que aquest augment és significativament més elevat en el cas dels recobriments de TiN i CrN. Per tant, aquests recobriments poden aportar major resistència a la deformació superficial i al desgast de les claus.