

## Art. n° 51 – La MONTATURA delle LENTI nei sistemi ottici

Un componente ottico, tranne che si tratti di uno specchietto da borsetta, è serrato all'interno di una montatura, una struttura rigida, che lo protegge e lo tiene nella corretta posizione rispetto ad eventuali altri componenti e rispetto alla struttura di supporto.

In passato, tale struttura è stata realizzata con legno, cuoio, cartone, e simili. Ma si tratta di tempi lontani, 17° o 18° secolo.

Oggi, la struttura portante degli elementi ottici è fabbricata con altri materiali. Purtroppo, a volte con resine sintetiche. Benché sia nota l'instabilità chimica di tante sostanze organiche, per sbalzi di temperatura, ossidazione, ecc., e la conseguente instabilità meccanica, alcuni costruttori, anche di chiara fama, usano questo materiale per ragioni puramente economiche.

Il materiale preferito è invece l'ottone per la sua facile lavorabilità – lo si può tornire anche a secco – a volte sostituito da leghe di alluminio o ferrose, meno costose.

Il coefficiente di dilatazione dei vetri ottici e delle montature metalliche non è generalmente lo stesso, e può creare tensioni meccaniche in seguito a variazioni di temperatura, ma questo viene generalmente trascurato quando si tratta di elementi di piccole dimensioni, come quelle in uso nei microscopi.

A seconda delle prestazioni richieste ad un sistema ottico, le tolleranze nelle caratteristiche geometriche ed ottiche degli elementi in vetro, e quindi nella geometria degli elementi metallici che li supportano, possono essere molto strette. Nel campo della microscopia, dove la lente frontale di un obiettivo ad immersione può avere un raggio di curvatura dell'ordine del millimetro, le tolleranze sono anche inferiori al centesimo di mm nel caso della centratura e ad un paio di minuti d'arco nel caso di allineamento<sup>1</sup>.

Gli organi di supporto delle parti ottiche debbono essere quindi lavorate con simili tolleranze e lo stesso si applica riguardo all'accoppiamento fra elemento ottico e montatura.

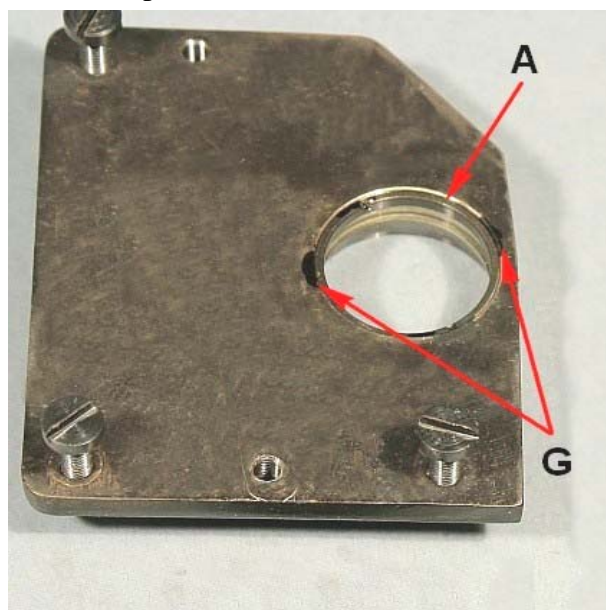
Non ci dilunghiamo sulla montatura degli specchi poiché, trattandosi in genere di superfici piane, non si pone il problema della centratura: una superficie ottica piana può scorrere sul proprio piano senza alterarne il comportamento. Rimane solo il problema dell'allineamento.

Limitiamoci dunque ad esaminare le varie possibilità di accoppiamento fra lenti e montatura metallica.

Una lente può essere montata su un pezzo metallico di varia forma, come una piastra che porta anche altri elementi.

Fig. 1 – In questo caso – un microscopio stereoscopico – una piastra alla base del tubo binoculare porta il supporto dei prismi di Schmidt (per il raddrizzamento dell'immagine) ed un foro laterale rappresenta il passaggio del fascio emergente dall'obiettivo.

In tale foro è alloggiata una lente (la "lente di tubo" richiesta da un obiettivo "all'infinito") fissata da un anello a vite (A), assicurato da due gocce di adesivo (G).



<sup>1</sup> Vedi in questa serie, l'art. n° 20 – "L'allineamento del sistema ottico del microscopio."

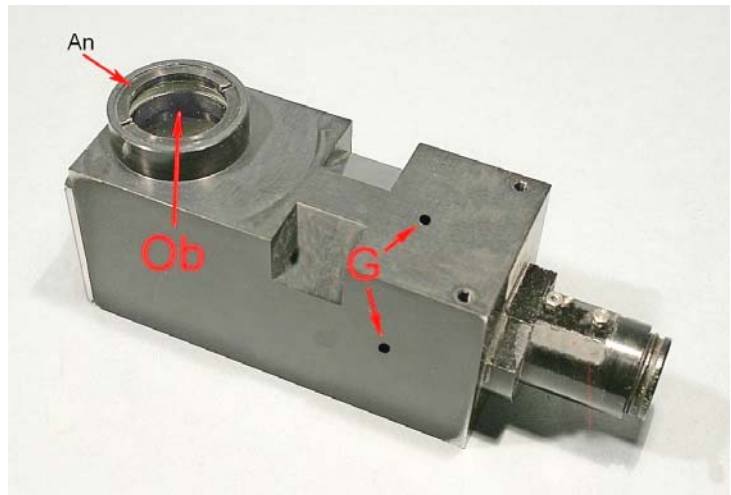
Fig. 2 – In questo collimatore, l'obiettivo (Ob) è montato in un foro del blocco d'assieme.

La lente (un doppietto incollato) è fissata da un anello a vite (An).

Qualunque sia la forma del supporto della lente, le tolleranze sono sempre le stesse.

I due grani (G) servono a centrare un elemento interno, in questo caso un reticolo con crocefilo.

Più spesso, la lente è incastonata in un elemento anulare o cilindrico (“barilotto”) ed ivi fissata con una varietà di mezzi. Su questo ci concentriamo.



In questo caso, l'ingegneria ottica ricorre a varie tecniche, di cui descriviamo le più comuni.

#### — Anello elastico

Fig. 3 – La lente è posta nel barilotto fino a poggiare su una “spalla”, un gradino sporgente che funge da superficie di riferimento (S).

Dalla parte opposta, in alto nella figura, viene scavata una piccola “gola”, una scanalatura (G), ed in essa si pone un anello spaccato elastico (As) capace di allargarsi fino ad occupare per intero la gola.

L'anello forza la lente nella sede prevista.

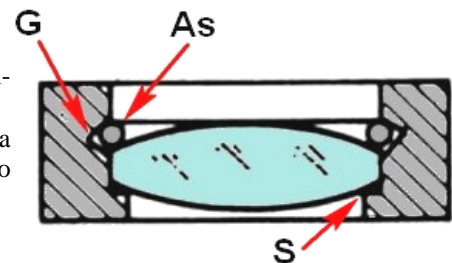


Fig. 4 – Un esempio pratico di fissaggio con anello spaccato elastico a sezione rotonda.

Affinché non rimanga gioco fra anello e lente, è ovvio che lo spessore della lente, la larghezza e la profondità della gola ed il diametro del filo che forma l'anello devono rispondere a strette tolleranze.

Questa soluzione è in genere utilizzata quando non vi sono elevate esigenze di centratura, come nei binocoli economici.



Fig. 5 (a destra) – L'anello elastico ad espansione non è necessariamente costituito da un filo d'acciaio a sezione circolare. Può essere ricavato per tranciatura da una lamiera, ed allora la sua sezione sarà rettangolare (As).

Fra anello As e lente può essere interposto un anello distanziale (Ad).

Fig. 6 (sotto) – Esempio di anello spaccato piatto.

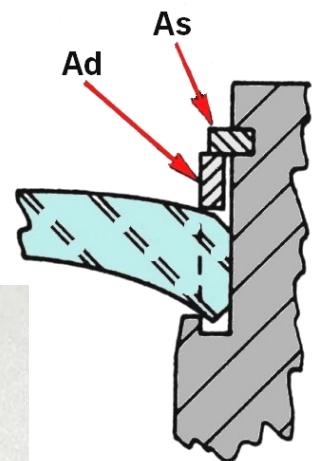


Fig. 7 – A volte, l’anello elastico piatto può essere costituito da una rondella ad espansione del tipo “Seeger”. Per estrarre, riducendone il diametro, questo tipo di anello, occorre una pinza apposta a due punte.



Negli schemi di montaggio che precedono, la tolleranza deve essere assai stretta, sia per evitare il gioco assiale fra lente e barilotto o, al contrario, per evitare un serraggio eccessivo della lente.



— Anello di ritegno forzato

Seguendo lo schema precedente, l’anello elastico ad espansione può venir sostituito da un anello metallico rigido (A) che viene spinto fino a toccare la lente. In questo modo il gioco fra anello e lente può essere annullato ma l’anello dovrà essere introdotto a forza o fissato con qualche goccia di adesivo.

Fig. 8 – L’appoggio inferiore della lente è dato ancora da una spalla (S) ricavata dalla tornitura del barilotto. Dall’alto, viene introdotto un anello per mezzo di calettatura, anche forzata (A). Il gioco fra anello, lente e spalla può esser annullato. Eventuali errori di allineamento possono scomparire.

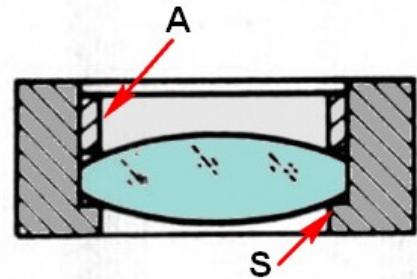


Fig. 9 (sotto) – Esempio di anello calettato, fissato però con due gocce di adesivo.

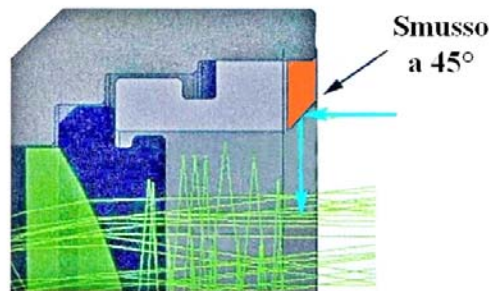
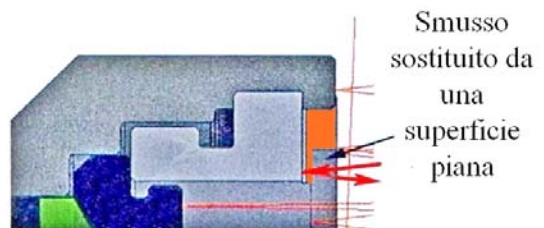


Fig. 10 (a destra) – L’anello di ritegno (in arancio) può avere la superficie interna smussata a 45° (come nella figura qui sopra) oppure perpendicolare all’asse del sistema.

Nel primo caso, i riflessi sulla superficie interna dell’anello vengono deviati verso il centro del sistema e possono creare ulteriori riflessi (freccia verde chiaro).

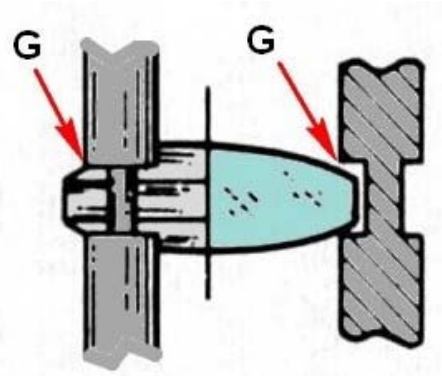
Nel secondo caso, quei raggi vengono respinti indietro (freccia rossa), ma possono incidere su precedenti superfici di vetro. L’abilità del progettista sta nel variare tutti i parametri in modo da ridurre al massimo ogni riflesso che danneggerebbe il contrasto.





— Inserimento in gole ricavate da tre colonnine

Fig. 11 – Tre colonnine, disposte come gli spigoli di un prisma a base triangolare, possono portare, rigorosamente alla stessa altezza, tre gole (G) che possono alloggiare l'orlo di una lente. Questa disposizione è raramente adottata, almeno nei microscopi, poiché richiederebbe troppe strette tolleranze nella sagoma e nell'altezza delle tre gole.

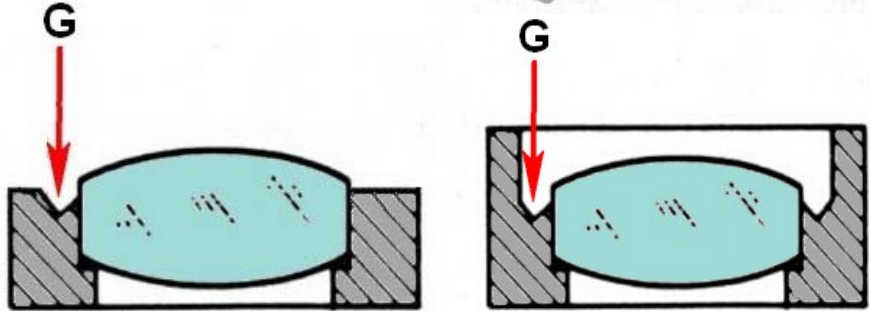


— Calettatura diretta con adesivo

Fig. 12 – La lente è semplicemente infilata nel barilotto e la sua faccia inferiore poggia sulla solita spalla di riferimento.

La posizione della lente viene vincolata da un adesivo interposto fra lente e barilotto.

Per evitare che un eccesso di adesivo possa invadere la superficie utile della lente, molti costruttori prevedono una gola periferica di sfogo (G).



A volte, una delle superfici della lente è esposta (a sinistra); altre volte è incassata e protetta da urti (a destra).

Fig. 13 (a destra) – Esempio di lente esposta, incastonata con adesivo. La freccia rossa mostra l'eccesso di adesivo, per il quale non è prevista una gola di raccolta.



Fig. 14 (a sinistra) – Qui invece la gola di scarico è prevista, anche se molto sottile.

— Anello a vite

Un anello a vite può serrare gradualmente la lente annullando eventuali giochi. L'anello può essere bloccato da un filo di adesivo. Per il serraggio e lo smontaggio, esso sarà in genere munito di due fori o di due tacche diametralmente disposti.

Questa soluzione è largamente adottata negli strumenti ottici.

Per lo smontaggio occorre un "compasso" da meccanici nel caso di fori; nel caso di tacche è sufficiente un rettangolo di lamiera d'acciaio dello spessore di 0,5 o 1 mm la cui larghezza andrà regolata con la lima o la mola con tolleranza di pochi decimi di mm.

Come abbiamo visto nella fig. 10, la superficie interna dell'anello filettato può essere cilindrica (R nella figura sotto) o smussata a 45° (D). Sarà la geometria generale del sistema a consigliare la soluzione più opportuna per ridurre i riflessi indesiderati.

Fig. 15 – Due forme possibili per un anello filettato di ritegno (Av). In ogni caso, “a due tacche”.

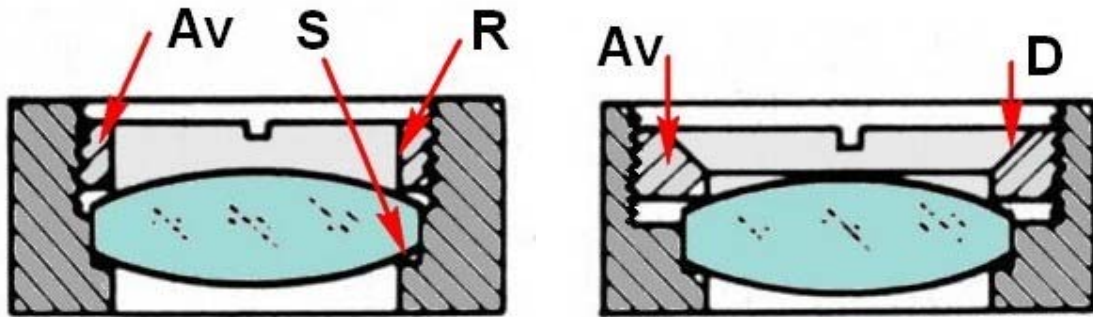


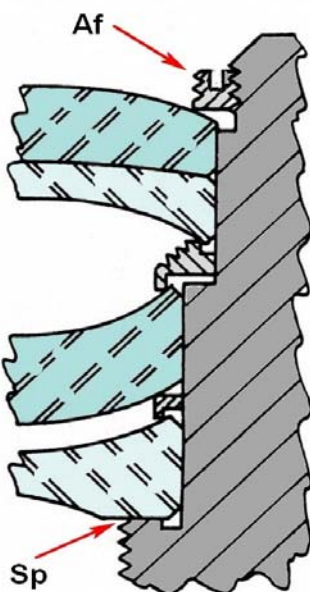
Fig. 16 (sotto) – Alcuni esempi pratici di anelli filettati a due tacche, con e senza gocce di adesivo.



Fig. 17 (a destra) – Una lente di forte curvatura poggia sulla spalla interna del barilotto (S) ed è serrata dall’anello a due tacche che si vede in basso a sinistra.



Fig. 18 a/b (sotto) – Un barilotto generale può ospitare più lenti, separate da qualche anello distanziale. Il pacco è serrato da un unico anello filettato (Af o Av). Le lenti sono di diverso diametro e gli anelli distanziali sono lavorati con diametro adatto a tenerle ognuna centrata. L’anello a vite non porta le solite due tacche, ma due fori. L’intero pacco fa riferimento alla spalla inferiore (Sp).





Anche nella fig. 1 si è vista una lente incastonata in una piastra, fissata da un anello a vite e due tacche.

Nulla vieta poi che, fra l'anello a vite (Av) e la lente sottostante, sia interposto un anello distanziale (Ad), come si vede nella figura a fianco.

Fig. 19 – Un anello distanziale come quello schematizzato qui a destra (Ad) non riveste in generale alcuna funzione e spesso viene ommesso.

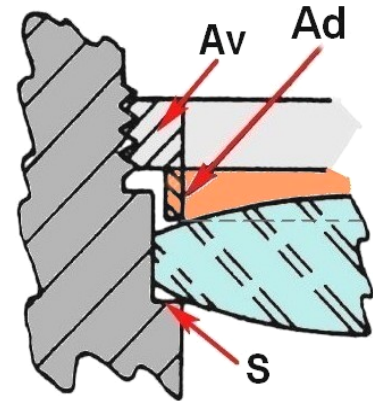


Fig. 20 – Per contro, un anello distanziale ben concepito può consentire la centratura di più di una lente di diverso diametro, sfruttando la curvatura delle superfici. Un tale anello non dovrà avere gioco rispetto al barilotto generale che lo alloggia poiché esso serve da riferimento per la centratura delle lenti, in questo caso di entrambe le lenti, più strette del barilotto generale e di diverso diametro.

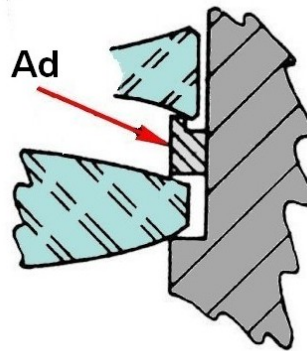
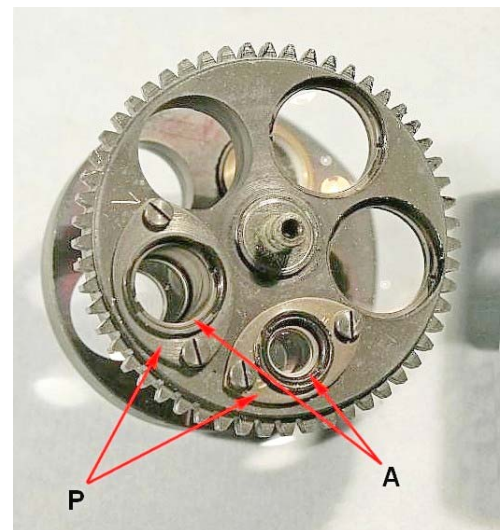
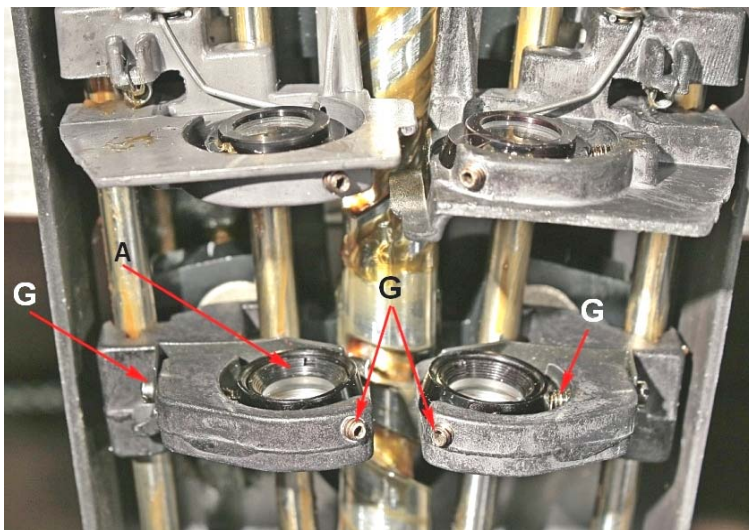


Fig. 21 e 22 – Vediamo qui due casi in cui le lenti sono fissate in un barilotto tramite un anello a vite a due tacche (A). Il relativo barilotto è però portato nella posizione corretta tramite tre grani laterali (G), oppure tramite piastrine fissate da due viti (P). Si tratta delle lenti del cambiatore d'ingrandimento di microscopi stereoscopici della Bausch & Lomb (a sinistra – sistema zoom) e della Galileo (a destra – sistemi galileiani).



### — Ribaditura

È un metodo largamente utilizzato in lenti di piccolo diametro, come negli oculari e negli obiettivi da microscopio. Nell'allestimento del barilotto viene lasciato un orlo sporgente assottigliato (R nella figura seguente) che poi viene ripiegato per tornitura fino a serrare la lente (R'). Ogni gioco viene eliminato.

Fig. 23 – La superficie di riferimento della lente è sempre una spalla (Sp) ricavata all'interno del barilotto.

La ribaditura (R') nasconde l'orlo della lente.

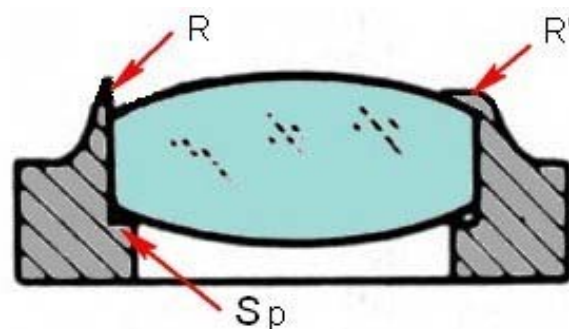


Fig. 24 (a destra) – L'orlo ribadito (R') è sottile ma ben visibile.

Quello qui mostrato è uno dei barilotti intermedi (che porta il secondo doppietto della ricetta di Amici) di un obiettivo acromatico da microscopio da 20 ingrandimenti.

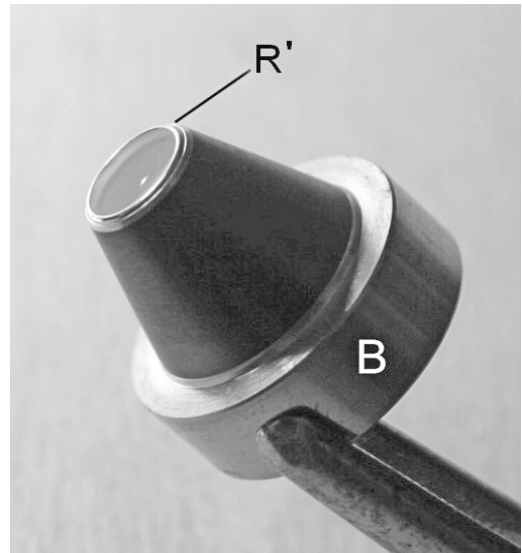
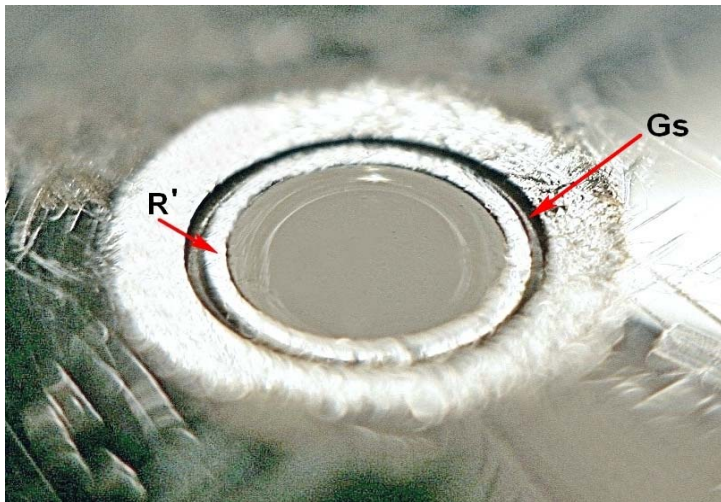


Fig. 25 (sopra) – Questa è la lente frontale di un obiettivo da microscopio ad immersione. Anche qui è visibile la ribaditura (R') ma, per proteggere la lente frontale da eventuali urti, è usuale circondare questo orlo ribadito con un anello leggermente più sporgente. I due anelli vengono separati spesso da una gola (Gs), il che facilita la ribaditura, oltre a consentire un piccolo scarico per l'eccesso di olio da immersione.

In altri casi, è usuale lasciare sull'orlo della lente uno **smusso** (S nella figura seguente) che verrà coperto dalla ribaditura (R'). Ciò riduce la pressione che verrebbe localizzata sullo spigolo della lente, se questo fosse vivo.

Fig. 26 (a destra) – In questo caso, l'orlo da ribadire (R) è circondato da una sottile gola in modo da renderlo più cedevole alla ribaditura.

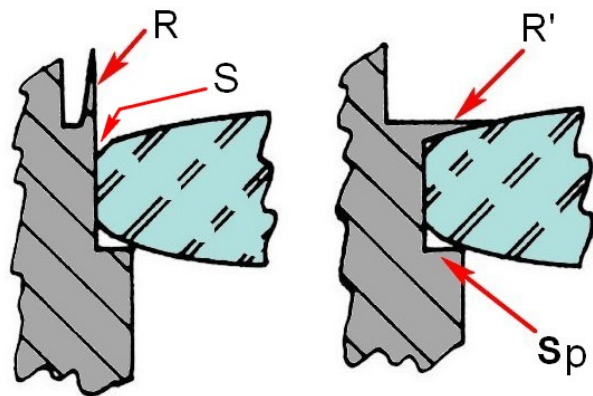
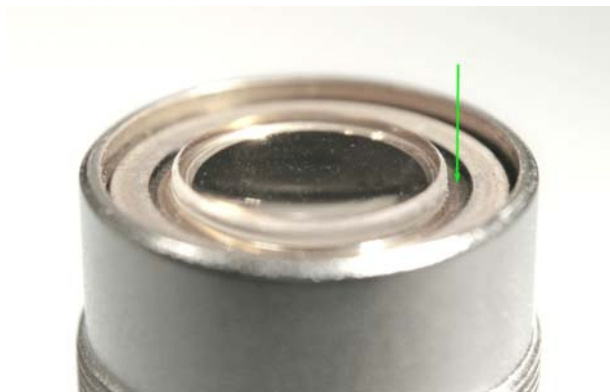


Fig. 27 (a sinistra) – In questo caso (lente frontale di un obiettivo debole, privato della camicia di protezione) è ben visibile la gola (freccia verde).

Anche nella figura 25 era visibile una gola (Gs), che aveva però anche altra funzione.

In molti casi però lo smusso non è del tutto coperto dalla ribaditura e rimane quindi parzialmente visibile. Semmai, esso viene verniciato di nero per ridurre la luce diffusa (fig. 29).



Fig. 28 (a destra) – In un barilotto intermedio di un obiettivo da microscopio, è evidente l'orlo ribadito (R') che non copre tutto lo smusso (S).

Sul davanti, l'orlo R' è stato parzialmente asportato con una punta d'acciaio ed appare un residuo di adesivo, probabilmente lo stesso che è stato usato per incollare le due lenti del doppietto.

Lo smusso non è verniciato.



Fig. 29 (a sinistra) – Altro barilotto da un obiettivo da microscopio: in questo caso lo smusso è stato verniciato di nero.

#### — Fissaggio con anello piatto

È raro il caso che una lente venga fissata con un anello di modesto spessore, fissato da tre viti. Questa tecnica non presenta vantaggi rispetto alle precedenti e complica la realizzazione meccanica.

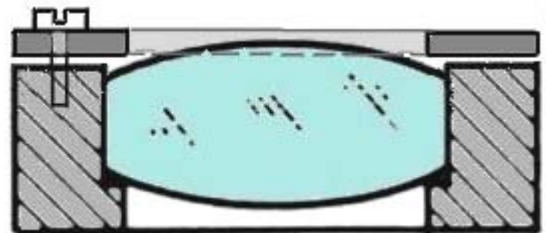


Fig. 30 (sopra) – Un semplice anello ricavato dalla lamiera può assicurare il blocco della lente, col solito problema di eliminare i giochi fra anello e lente.

Fig. 31 (a sinistra) – Un esempio di lente fissata da un anello con tre piccole viti.

Questa è la lente superiore di un sistema Telan in un tubo intermedio per l'illuminazione episcopica in campo chiaro.



## Il caso di condensatori, oculari ed obbiettivi da microscopio

Vale la pena di esaminare il caso dei principali sistemi ottici del microscopio. Infatti, capita spesso che le lenti composte, in cui due o più elementi semplici sono incollati, appaiano almeno parzialmente appannate per alterazione dell'adesivo.

Questo può avvenire in strumenti antichi, ove l'adesivo più usato era il “balsamo del Canada naturale”. Questo materiale è ormai scomparso, sia per l'elevato costo, sia perché è fluorescente, sia perché indurisce lentamente, ma la sua adesività al vetro è insuperabile. Inoltre, quando esso cristallizza e si opacizza, è facile rammollirlo mettendolo in acqua calda – anche senza bollire.

Da molto tempo i costruttori preferiscono adesivi sintetici<sup>2</sup>, sia perché non sono fluorescenti, sia perché induriscono in fretta<sup>3</sup>. Però questi si alterano anche più spesso del balsamo e non sono termoplastici: scollare una lente composta può richiedere trattamenti termici assai pericolosi.

Quando ci si ritrova fra le mani un sistema ottico con adesivo alterato, la sola cosa possibile è smontare la lente composta e tentare di scomporla per sostituire l'adesivo.

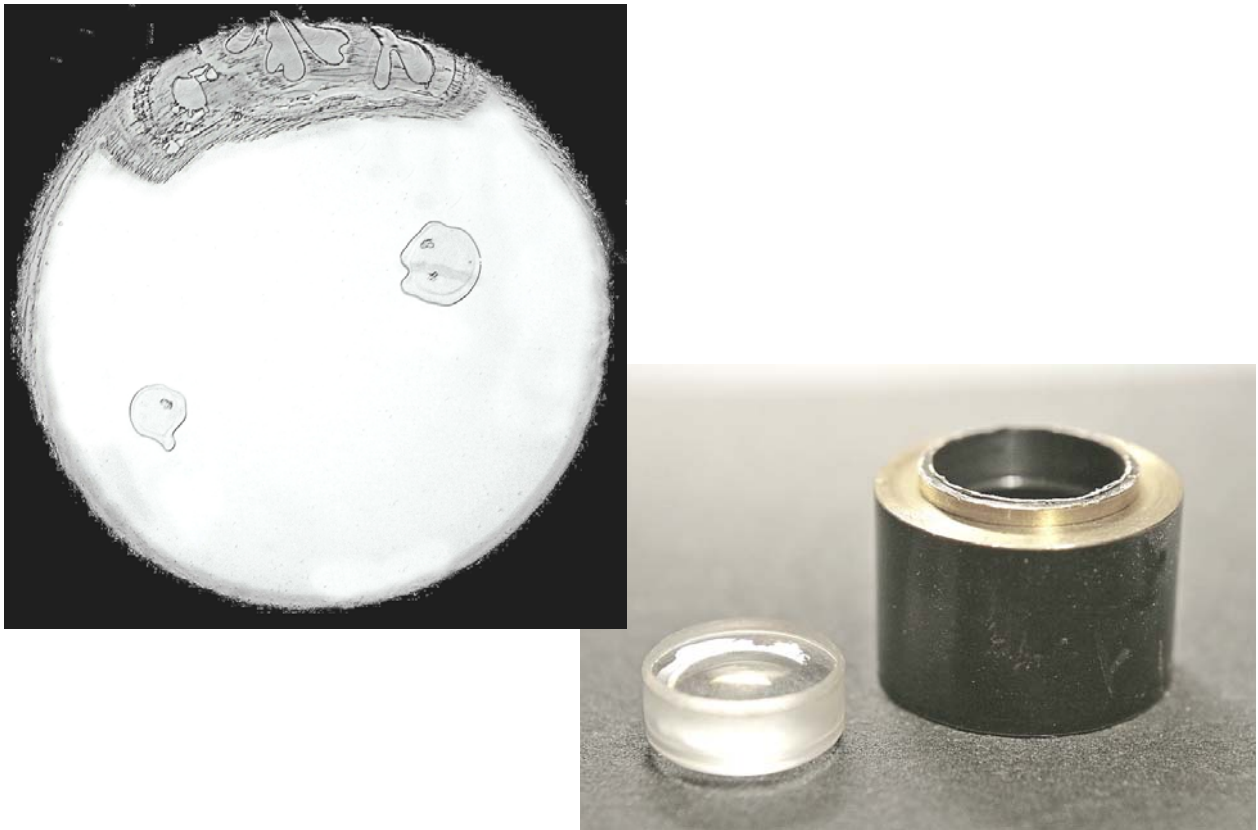


Fig. 32 a/b – A sinistra, un tipico caso di doppietto scollato (“delaminato”, dicono gli esperti). In alto, sono ben visibili le bolle d'aria che sono penetrate per il ritiro dell'adesivo.

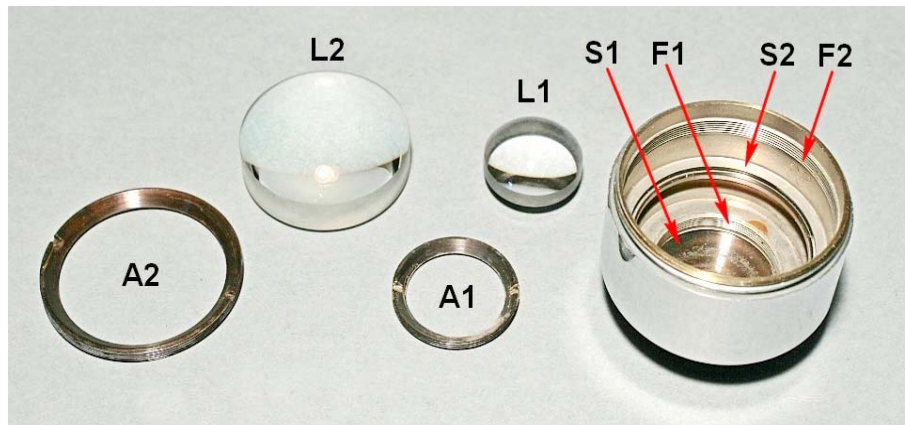
A destra, un altro doppietto scollato in cui lo strato d'aria appare brillante per via della riflessione totale. Vicino, il relativo barilotto, con la ribaditura asportata prima di estrarre il doppietto.

Nel caso di un condensatore da microscopio, si può avere la ricetta più diffusa e più semplice (“di Abbe”) che contempla due forti lenti semplici convergenti, di diverso diametro. Il loro fissaggio è in genere affidato a due anelli a vite con tacche, all'interno di un unico barilotto, come si vede nella figura seguente. Se la ricetta è più complessa, vi saranno altri anelli a vite e distanziali, ma in genere lo smontaggio non è difficile.

<sup>2</sup> Spesso, tali adesivi sintetici vengono venduti come “balsamo del Canada”, senza l'aggettivo “naturale”, ma si tratta di materiali con tutti i difetti dei prodotti sintetici. Per es., si “ritirano” facilmente facendo entrare aria fra le due lenti (fig. 32, qui sopra). Anche nel “montaggio” dei vetrini, una resina sintetica, nel giro di settimane o mesi, si riempie di bolle d'aria e rende inservibile il preparato.

<sup>3</sup> Vedi, sempre in questo sito, l'articolo n° 40: “Gli adesivi nei sistemi ottici”.

Fig. 33 – Le due lenti L1 ed L2 sono poggiate su due spalle di riferimento (S1 ed S2) e tenute ferme da due anelli a vite (A1 ed A2). Questi si avvitano sulle filettature F1 ed F2).



Nel caso degli obiettivi antichi, si possono avere barilotti che si avvitano l'uno sull'altro. Col tempo, può essere difficile svitarli, ma il vero problema viene dopo.

Fig. 34 – Un vecchio obiettivo della fine del '800, di produzione C. Zeiss a Jena. Tre parti avvitate l'una sull'altra

In obiettivi moderni, si ha in genere un barilotto generale cilindrico che alloggia la pila dei barilotti individuali, serrati da un anello a vite superiore che li blocca tutti.



Fig. 35 – Tre barilotti scorrono all'interno di una montatura generale (MG) ed un anello a vite superiore (Ds) serra l'intero pacco.

Il tubetto distanziale T è reso elastico da una serie di tagli trasversali.

Questo obiettivo data dalla metà del secolo scorso (prod. Galileo).

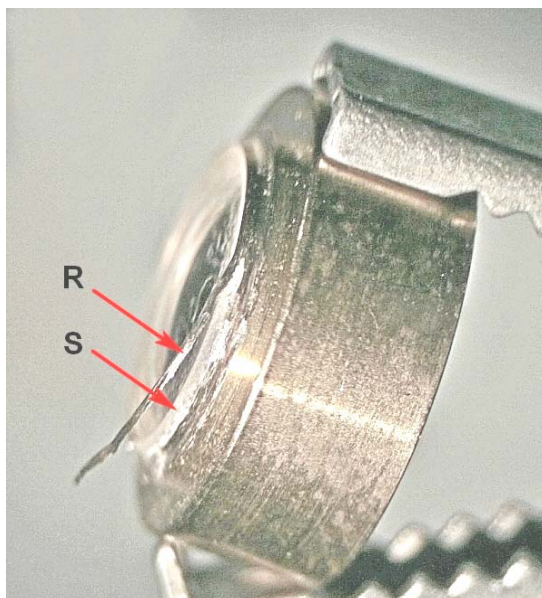


In ogni caso, ogni barilotto alloggia una lente semplice o un doppietto o, raramente, un tripletto.

Il problema è di estrarre il doppietto dal barilotto. Raramente la lente è fissata da un anello a vite. In genere il fissaggio è affidato ad una ribaditura, ed è quella da togliere; per meglio dire, da demolire. Operazione rischiosa.

Fig. 36 – In questo caso, la ribaditura (R) è molto sottile ed una punta affilata, usata con cautela per non graffiare la lente, può bastare.

La ribaditura va scalzata un po' alla volta. Sotto di essa, appare lo smusso (S).



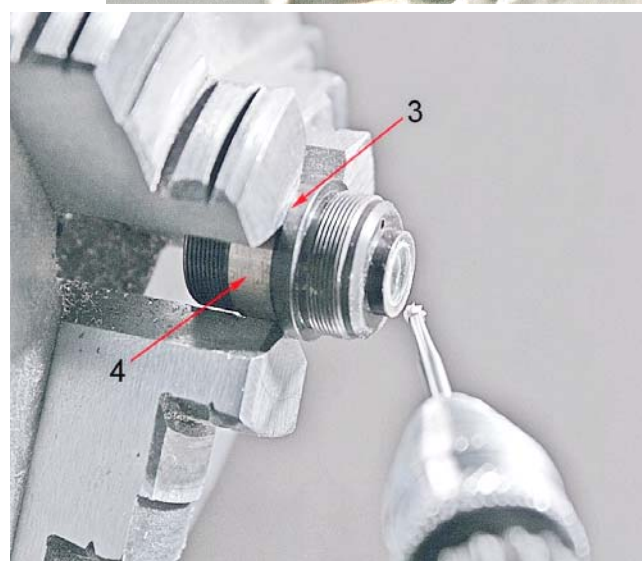
In molti altri casi, occorre corrodere la ribaditura con un piccolo disco abrasivo o un fresino da dentista montato su un trapanino a mano.

Fig. 37 – L'ideale è serrare il barilotto in un mandrino da tornio, facendo riferimento alla superficie laterale del barilotto medesimo (4). Serrare adagio: una deformazione potrebbe impedire al barilotto di rientrare nella sua sede.

Un trapanino può essere fissato al carrello del tornio in modo da portare la testa del fresino a contatto con la ribaditura.

Lavorando a bassa velocità e sorvegliando di continuo la posizione reciproca delle due parti, si può ottenere la distruzione della ribaditura.

Se non si dispone di un tornio, si può lavorare a mano con una limetta fine, anche del tipo "da unghie". È bene operare sotto lo stereoscopico.

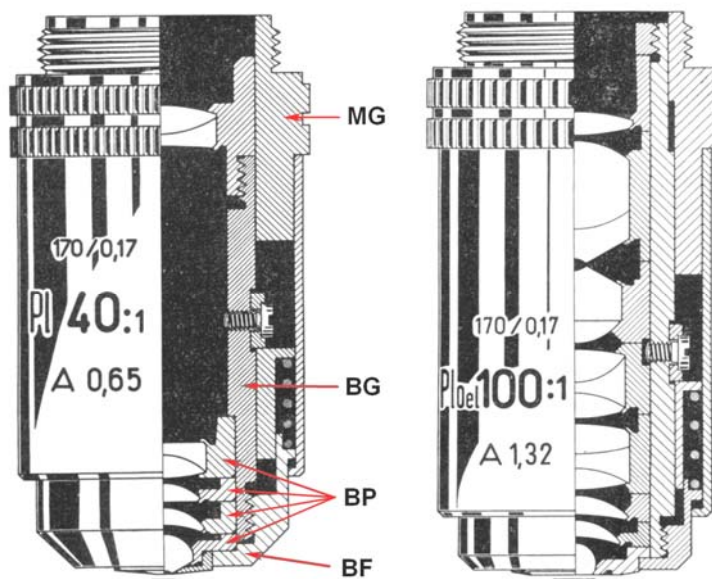


A questo punto, la lente rimane fissata al barilotto solo da un eventuale adesivo in eccesso.

Qui si ripropone il problema del rammollimento dell'adesivo: trattamento termico, qualche solvente, ecc. In genere, non si conoscono le proprietà dell'adesivo, la sua temperatura di rammollimento o di decomposizione, la sua solubilità. Occorre lavorare con lentezza, molto gradualmente. La possibilità di danni è elevata.

Fig. 38 – Questa sezione mostra che buona parte delle lenti degli obiettivi da microscopio è montata col sistema della ribaditura.

- MG = montatura generale
- BG = barilotto generale
- BP = barilotti parziali
- BF = barilotto frontale (prodotti Leitz)





Il caso degli oculari è generalmente semplice: la lente superiore (“lente oculare”) è fissata spesso, almeno nei modelli antichi, tramite ribaditura. Le altre lenti, specie nei modelli moderni, sono fissate con anelli a vite a due tacche. Anche gli eventuali reticoli degli oculari micrometrici, sono fissati con un anello a vite o con un anello elastico (vedi qui sotto).

Fig. 39 – Un oculare di un secolo fa (ricetta di Ramsden, a due lenti piano-convesse affacciate per la superficie convessa) mostra le due lenti fissate con ribaditura.



Fig. 40 – Un elemento singolo, come un reticolo (R), può essere fissato da un anello a cappuccio (A), calettato su un barilotto.

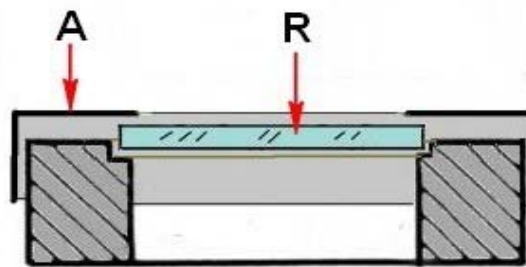
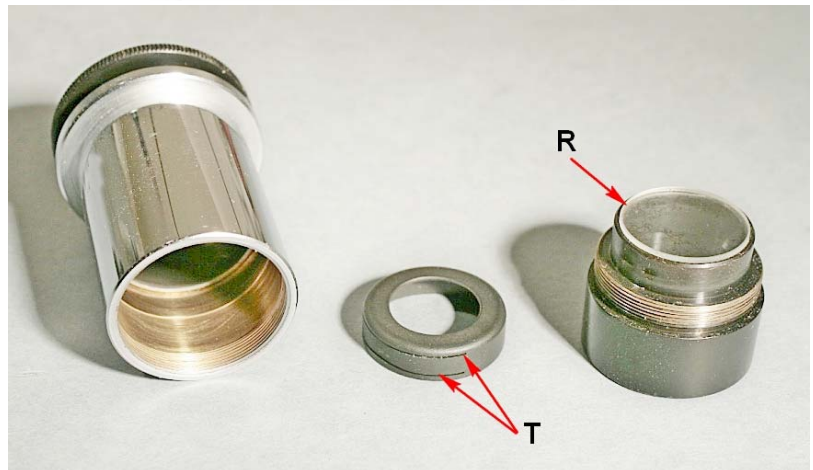


Fig. 41 – Supporto del reticolo (R) in un oculare micrometrico. L’anello a cappuccio che fissa il reticolo è reso elastico da coppie di tagli trasversali, qualcuno indicato dalle freccette rosse (T).

Un tale metodo di fissaggio non dà sicurezza, né di precisione, né di stabilità, ma viene adottato quando l’elemento ottico (il reticolo nel caso nostro) deve all’occasione essere sostituito con altri.



### Casi difficili

L’elenco sopra compilato dei metodi di montatura delle lenti non dia l’illusione di aver capito tutto. A volte i costruttori, specialmente per strumenti destinati all’impiego sul campo, cercano di rendere più saldo il montaggio delle lenti al fine di neutralizzare l’effetto di urti e vibrazioni.

Fig. 42 – Un barilotto (Br) alloggia una lente fissata da un anello a vite (Av). Questo porta le solite due tacche (una è indicata dalla punta della freccia Av).

Ma la perfidia del costruttore si rivela nella tacca T ricavata sull’orlo del barilotto: in essa è stato infilato un dente ricavato dall’orlo dell’anello Av, ottenuto deformandolo verso l’esterno.

Per svitare l’anello occorre eliminare quel dente con un disco abrasivo sottile o una limetta.

Bisogna però accorgersene.

Un’altra cattiveria consiste nel fissare un anello a vite con un grano laterale. Capita di non vederlo e lo sforzo di svitare l’anello può provocare danni (figura seguente).

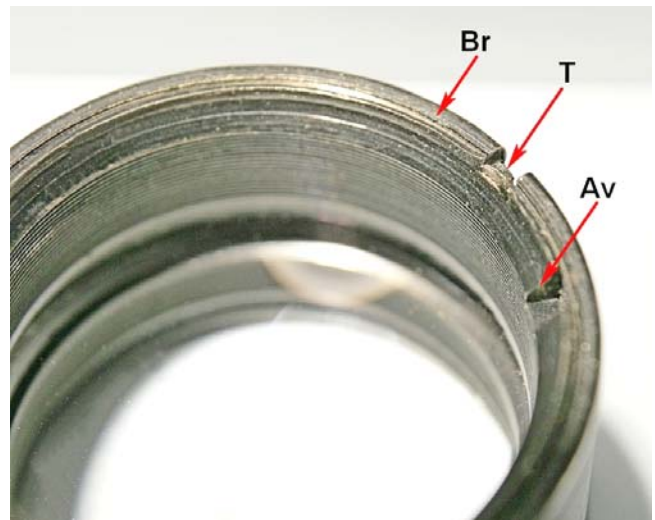
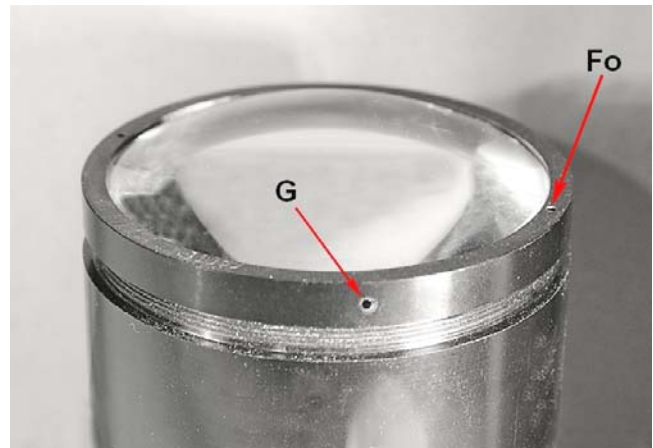


Fig. 43 – Qui, l’anello a vite, dotato di due fori per poterlo svitare (Fo), è bloccato da un piccolo grano a brugola (G).

Anche qui, occorre esperienza e prudenza.

C’è poi il problema degli adesivi, che molti costruttori utilizzano, sempre per fissare le parti avvitate.

Anche qui, il problema diviene serio se l’adesivo è molto fluido ed invade almeno in parte la filettatura: la superficie di contatto fra le due parti essendo estesa e quindi estesa la superficie incollata, lo sforzo necessario per separare le parti può essere impraticabile.



(Fig. 9) – In questo caso, l’adesivo era molto vischioso e si è raggrumato su due gocce ben definite.

Una punta sottile può aiutare, ma non è detto che basti.

Vedi anche la fig. 1 a pag. 1 (G) e la figura 9 a pag. 3, che qui riportiamo.

Si può tentare di rammollire l’adesivo con un forte riscaldamento o con un solvente, ma questo può danneggiare anche l’adesivo delle lenti incollate. Come solvente o emolliente, l’alcool denaturato è ottimo per le resine epossidiche (ma occorrono ore o giorni); si può tentare con solventi di vernici, acetone e simili.



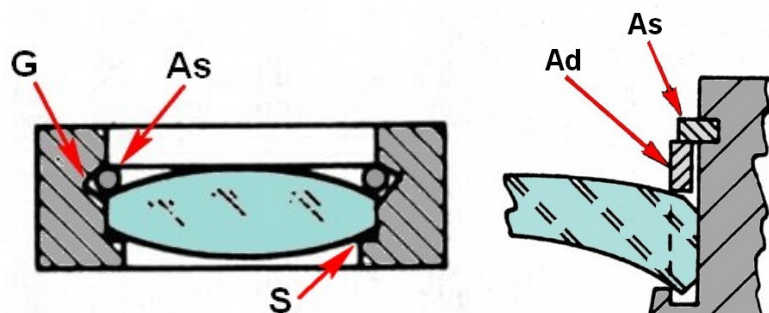
### Il caso degli anelli elastici

Nelle figure 3 e 5 a pag. 2 si è esaminato il caso di un fissaggio basato su anelli spaccati ed elastici, a sezione rotonda o piatta (As nelle figure seguenti).

Ma come toglierli?

(Figg. 3 e 5)

Qualche costruttore avveduto incide l’orlo del barilotto con una tacca abbastanza profonda da potervi introdurre una punta proprio sotto l’anello e così sollevarlo.



Se questo non avviene (il costruttore raramente si pone il problema di facilitare il lavoro del riparatore), si può realizzare la tacca con un seghetto, stando però attenti a non tagliare anche l’anello elastico e non intaccare la lente.

Anche in questo caso, un fresino da dentista può risolvere molti casi difficili.