

Traduzione dell'articolo "HOLES" di Budd Davisson tratto dalla rivista Sport Aviation di maggio 2020.

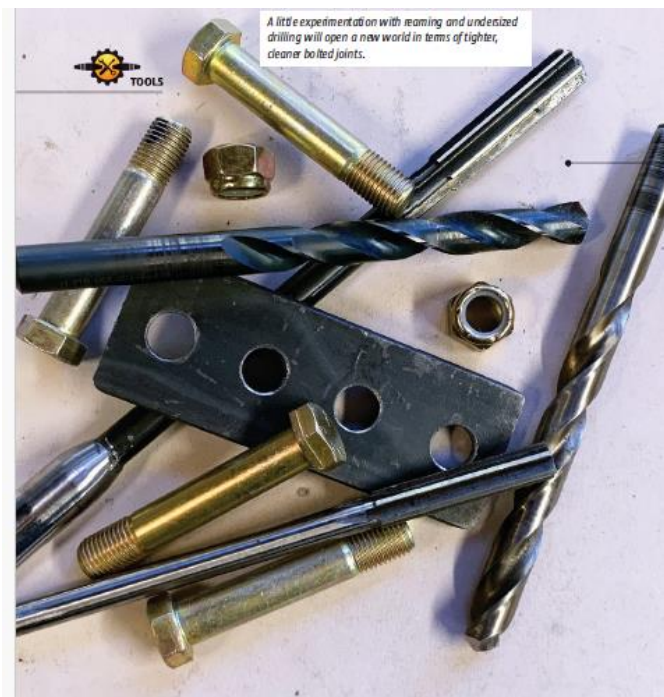
## ESECUZIONE E FINITURA CORRETTE.

### SOMMARIO

L'autore fornisce alcuni semplici dettami relativi all'esecuzione di un buon accoppiamento foro-bullone, tale da non generare rotture durante l'esercizio dell'aereo. Nel contempo fornisce le dovute spiegazioni relative al fenomeno fisico dell'accoppiamento trattato. Le immagini sono ben esplicative. Non trascura l'importanza dell'impiego di bulloni aeronautici, anche tenendo conto del costo rispetto a quelli industriali.

---

Quest'articolo mi sta creando difficoltà, portandovi lungo un breve percorso mentale, dato che educo me stesso riguardo a qualche cosa che dovrei sapere bene e invece non conosco. Mi riferisco all'esecuzione dei fori. Più precisamente, i particolari riguardo alla loro buona esecuzione per alloggiare i bulloni che dovremo inserire. So che costituisce la base di un meccanico, ma è al di fuori del mio ambito mentre non dovrebbe esserlo. È una sfida per me.



### **BULLONI: NON È COME SEMBRA.**

Nel campo delle forature ci sono un paio di elementi che al momento non sono noti. Per esempio, un bullone da 3/8 in. in realtà non misura 3/8 in. Nessun bullone è ciò che dice di essere. Infatti, i bulloni di uno stesso lotto di produzione non hanno lo stesso diametro. Come ogni pezzo di fabbricazione, hanno delle dimensioni all'interno di un intervallo min-max. Nel nostro caso, per esempio, in cui il valore di 3/8in. misura in realtà di 0.375in., molte tabelle AN dei bulloni indicano un intervallo del diametro da 0.371in. a 0.374in. Non misura 0.375in., perché se così fosse non entrerebbe in un foro da 3/8in. C'è una differenza di 0.003in. dal più sottile al più

grosso, quasi come lo spessore di un foglio di carta da scrivere da 20 libbre. Potrebbe non sembrare tanto ma quando inserite un bullone da 3/8 (0.371in) in un foro che misura 0.375in (3/8in), ci si muove nel piccolo. È qualcosa che spaventa? Ancora meglio, c'è qualcosa che possiamo fare al riguardo?

Bene, vediamo un po'! Ciò che abbiamo appena detto assume che il foro appena eseguito con una punta nuova da 3/8in. abbia un diametro effettivo di 3/8in., il che non avviene quasi mai. È "quasi un" 3/8in. ma non lo è effettivamente. A meno che non si tratti di un foro eseguito con una fresa su una macchina, un foro eseguito a mano sarà sempre un po' più largo, perché la punta oscilla un poco.

Quando si usa un trapano da banco di alta qualità, una punta da 3/8in. con incavo (*fluted drill bit*) non misurerà 0.375in. Inoltre, ancora peggio, il foro non sarà rotondo! A occhio lo sembra ma non lo è in realtà. È tanto più vero se la lamiera è sottile, dove appare vagamente triangolare. Ancora, il foro probabilmente non sarà perpendicolare alla superficie del materiale forato. Tuttavia, c'è un punto molto importante, la superficie interna del foro sarà ruvida e graffiata. Un magnifico concentratore di sforzi!

Quando cominciate a parlare di fori piccoli, piccoli dettagli insignificanti relativi a bulloni e fori, è facile deprimersi un poco. Cosa possiamo fare? Costruire con il Lego o cos'altro? Portato all'estremo, si potrebbe dire che stiamo inserendo un bullone in un foro dal diametro sconosciuto con una misura e forma sconosciute, mentre il foro stesso potrebbe essere sovrasollecitato dalle asperità dovute alla punta. Non si tratta proprio di buone notizie. Dobbiamo allora spaventarci?

No, non c'è alcun motivo di andare nel panico. Nel mondo reale, fuori da quello delle costruzioni aeronautiche, inserire un bullone in un foro eseguito col trapano, non alesato, va bene. Non è l'ideale, ma funziona. Tuttavia, una volta ogni tanto, inserire un bullone della misura esatta in un foro preciso e ben eseguito è importante. Allora, è importante analizzare le informazioni e comprendere cosa è importante e cosa non lo è e dove bisogna preoccuparsi e dove no.



**Fresh Drilled**

*This was drilled with a brand-new, high-quality bit in a drill press using the proper rotational speeds, cutting oil, and gradual pressure. It still left lots of scars.*

### **AREE IMPORTANTI.**

Anche se, in teoria, si dovrebbe affermare che ogni foro e ogni bullone in una cellula dovrebbe essere considerato importante e degno del massimo sforzo teso alla precisione, la verità è che l'azione di alcuni carichi è più importante di altri. I bulloni che fissano la cappelliera e gli occhiali, per esempio, potranno essere dei normali AN inseriti in un foro eseguito col trapano, con la rugosità interna così come i bordi debitamente smussati. Gli attacchi del longherone e del carrello sono molto più importanti perché, oltre a mantenere parti fondamentali in posizione, devono sostenere carichi elevati e cicli di fatica; inoltre la rottura della giunzione potrebbe risultare catastrofica. La criticità della rottura di una specifica giunzione è quella che determina quanto

scrupolo dobbiamo mettere nella sua esecuzione affinché sia il più possibile a prova di rottura.

### **QUALI DUBBI GENERA UN BULLONE?**

Tutto ciò che è imbullonato, ovviamente, presenta due parti: il bullone e il foro. Si fanno parecchie discussioni riguardo ai bulloni da tenere in magazzino (incluso il grado 5) tra il grado 8 industriale rispetto agli AN. Spesso le discussioni vertono sul costo. Invece di discutere dei ferri di un cavallo morto, tagliamo la testa al toro: non c'è troppa differenza di costo tra un bullone AN e il miglior grado 5 e il miglior grado 8 da giustificare il loro impiego. Punto! Usate solo gli AN. I diversi fornitori di materiale aeronautico come Aircraft Spruce e Wicks vi consegneranno a domicilio il materiale in due o tre giorni. Perché correre il rischio?

## QUALI DUBBI GENERA UN FORO?

Probabilmente non c'è nessun lettore che non abbia eseguito un foro nell'acciaio, nel legno o in qualcos'altro. Tuttavia è raro che qualcuno sia incerto sulle caratteristiche precise, a meno che si tratti di lega leggera o acciaio e vada in volo. Ecco dove entra in ballo la domanda: quali fori sono più importanti di altri.

La risposta migliore alla domanda è di considerare importanti tutti i fori strutturali sulla cellula e di fare del vostro meglio per fare combaciare bullone e foro. Ciò significa:

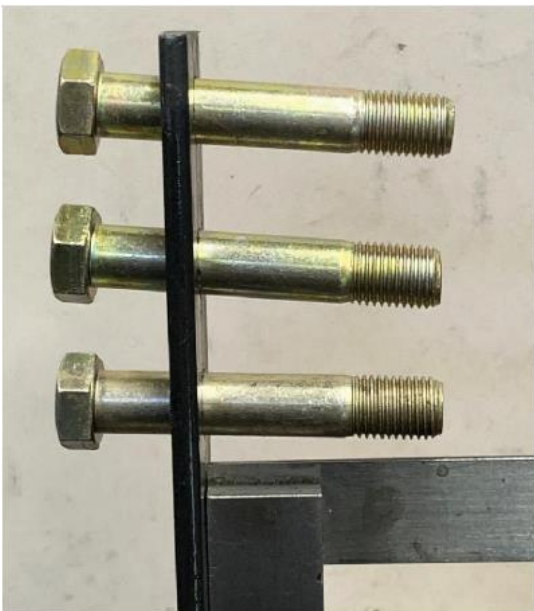


**Reamed Hole**

*This was drilled appropriately undersized, as called out on an industry table and hand reamed. Note the relative smoothness of the walls.*

- **Eseguire un foro il più circolare possibile.** Se non lo è, non trasferirà il carico del bullone uniformemente al materiale. Le asperità che supporteranno il carico saranno sottoposte a piccole rotture per strisciamento perché il bullone si adatta al foro. In altre parole, forate sottomisura e alesate.
- **Eliminare le asperità che concentrano le sollecitazioni.** L'alesatore liscerà le pareti del foro, ma dovremo smussare i bordi.
- **Eseguire il foro quanto più preciso possibile laddove è richiesta una precisione elevata.** Ci sono vari modi per ottenerla. Vedete più avanti.
- **Eseguire il foro il più possibile perpendicolare alla superficie.** Se non potete servirvi di un trapano a colonna, costruitevi in qualche maniera un attrezzo per la foratura. Ce ne sono alcuni nel prossimo articolo in cui parleremo di DIY attrezzi per la foratura.

## ESEGUIRE UN FORO CIRCOLARE: VARIABILI DELL'ALESATORE.



**Varying Tightness**

*Gravity was used to create an even side load; note the relative tightness of the holes. The top is a hole as drilled including wall roughness. The middle is the same size hole but reamed smooth. No change in the tightness. The bottom one, which is compared to a square, was reamed 0.001 inches undersize. Note how nearly square it is! The bolt felt much tighter going in. Not sure if going down another 0.001 inch would have been too much, but this was an acceptable fit for most applications.*

Per prima cosa, gli alesatori sono di diverso tipo. Ma non abbiamo bisogno di qualcosa di esotico o spaziale. Non dobbiamo alesare qualche centinaio di fori.

Quelli che ci servono presentano due configurazioni base: quelli da installare su una macchina e quelli manuali. I primi hanno il gambo cilindrico per essere inseriti nel mandrino. Quelli manuali presentano un gambo più grosso e quadrato per essere azionato da una particolare impugnatura o una piccola chiave. In base alla dimensione e da chi li acquistate (due buoni fornitori sono Victornet.com e McMaster.com) ognuno vi costerà da 15\$ a 30\$ e quello manuale vi costerà almeno il doppio. Quando mi sono interessato di alesatori per quest'articolo, ho fatto ciò che faccio spesso, ho comperato il più economico per macchina, ho cercato nello scatolone sotto il mio banco dei cricchetti metrici e ne ho saldato

uno al gambo dell'alesatore cosicché posso usare una chiave da 1/4in. Se lo fate anche voi, tenete l'alesatore dentro ad un bicchiere d'acqua durante il processo per non scaldare l'utensile stesso.

Una cosa importante non ho mai saputo: gli alesatori sono disponibili subito nelle misure sotto e sovradimensionate. Di solito, vanno da 0.001in. in più o in meno, ma alcuni fornitori arrivano fino a 0.0005in. in più o in meno alla volta per eseguire il foro adatto. Allora ho fatto qualche esperimento come da riquadro sotto.

### **UN PROGETTO REALISTICO.**

Sto eseguendo alcuni lavori in officina su una pressa idraulica per la quale ho voluto impiegare dei bulloni da 7/16in. il più precisi possibile. Un foro da 7/16in. misura tecnicamente 0.4375in. Ho tirato fuori una dozzina di bulloni AN7S, li ho misurati, dopo sono andato alla Acme Hardware dove ho appoggiato sul tavolino tutti i bulloni da 7/16in. grado 8 della lunghezza adatta. Li ho misurati tutti con un calibro di precisione a quadrante (in cui la precisione è al quarto decimale, cioè il decimillesimo). Ne ho presa una manciata da circa 0.433 e più, che dovrebbero essere circa 0.0045 più sottili rispetto al massimo del foro da 7/16in. alesato bene. Dopo di che, ho cominciato a pensare al foro più preciso da 7/16in. Avrei potuto scegliere un'altra strada e scegliere dei bulloni che misurassero verso il massimo della tolleranza, ma non ce ne erano a sufficienza che fossero verso il massimo previsto dalla specifica, 0.433-0.467in.

A proposito, sia Zenith Aircraft che Aircraft Spruce dispongono sui loro siti di utili tabelle di confronto dei bulloni. Qui ho trovato le mie misure. Tra l'altro, le mie tabelle sono della Hannibal Carbide Tool Inb. Non hanno prezzo. Le ho cellophanate per usarle in officina.

Le tabelle vi forniscono il diametro della punta per eseguire un foro più stretto della misura e alesarlo al valore voluto. Per il 7/16in., mi indicano la punta da 27/64in. (0.4219in.) che origina un foro più piccolo di 0.013in. (3 per cento) *[invece dovrebbe valere 1/64in. pari a 0.156in. NDT]*. Avrei dovuto alesarlo fino a 0.4375in. che sarebbe stato 0.0045in. maggiore dei bulloni che avevo misurato. Questo lo avrebbe reso un po' troppo lasco, ma la sola strada che avevo individuato fu di eseguire alcuni fori e trovare quello adatto.

Eseguii un foro da 27/64in. su uno scarto da 1/4in. e lo alesai fino a 7/16in. reali. Il bullone entrava bene ma aveva un piccolo lasco. Molto piccolo. Il foro, però, era veramente liscio.

Eseguii un altro foro da 27/64in. alesandolo fino a -0.001in., ottenendo un foro da 0.4365in. rispetto al 7/16in. esatto (0.4375in.). Questa volta il foro era troppo stretto. C'era una notevole differenza. Per quanto i bulloni che avevo scelto fossero al minimo della tolleranza (0.0433-0.437in.), un'alternativa sarebbe stata quella di scegliere dei bulloni verso il massimo della tolleranza per inserirlo in un foro alesato sottomisura.

Certo, avrei potuto impiegare dei bulloni con tolleranza stretta, Ma non erano disponibili in fretta in tutti i diametri e le lunghezze e sono difficili da reperire. Variando il diametro del foro, tuttavia, fu semplice arrivarne a capo.

Se siete alla ricerca di accoppiamenti imbullonati precisi, il mio consiglio è di fare qualche prova, decidere di spendere qualche dollaro per degli alesatori che potrete usare una sola volta.

Tutto quello che avete da fare è di esaminare bene i segni all'interno di un foro appena eseguito e diffidare dall'andarvene in giro in volo con la vostra pelle appesa a quel foro. Fatevi un corredo speciale di punte sottomisura per i fori più comuni e accoppiatele con gli alesatori appropriati. Non è importante impiegare bulloni precisi in tutte le situazioni, ma lo è eseguire fori sempre più perfetti.