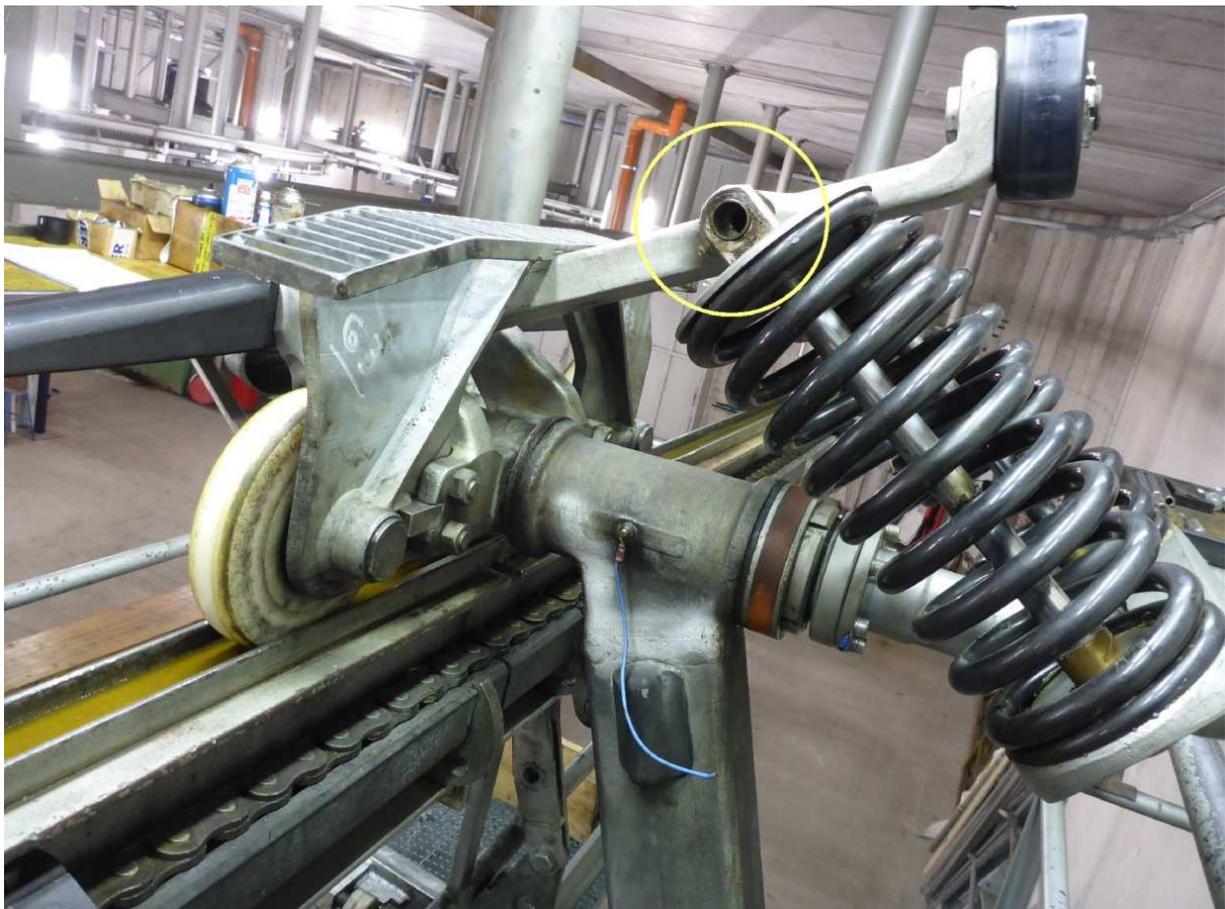


**FUNIVIA MONOFUNE AD AMMORSAMENTO AUTOMATICO  
DELLE CABINE A 8 POSTI**

**EC04 "CAMPOROSSO – M.te LUSSARI"  
(817 - 1756)**

**in Comune di Tarvisio (UD)**

**ROTTURA PERNO SUPERIORE MORSA - RELAZIONE TECNICA**



**--- DOCUMENTO RISERVATO ---**

## 1. PREMESSA

In data 19/01/2018 verso le ore 21 gli agenti in servizio presso la stazione intermedia dell'impianto in parola rinvenivano a terra, in corrispondenza della trave di accelerazione ramo salita, un perno, il quale è stato immediatamente riconosciuto facente parte di una morsa; l'impianto si trovava regolarmente in esercizio in quanto stava effettuando il servizio serale previsto, in questo periodo, nelle giornate di martedì e venerdì.

In seguito all'immediata ispezione visiva di tutte le morse in circolo è stato rapidamente individuato il veicolo n. 63 la cui morsa presentava il perno mancante, si è proceduto quindi alla rimessa a magazzino di tale veicolo con la relativa morsa.

Nonostante la mancanza del perno l'assetto complessivo della morsa non ha subito sensibili variazioni; infatti l'asta e relativa molla continuano ad essere guidati, naturalmente per un numero limitato di cicli, dalla boccola inferiore e la forza della molla viene trasmessa alla ganascia mobile attraverso l'appoggio diretto del piattello sulla ganascia stessa (vedi Foto 1 particolare X) durante le fasi di apertura/chiusura. Alla luce di quanto sopra risulta spiegabile il fatto che tutti i controlli di sagoma così come le celle provamorse non abbiano segnalato alcuna anomalia.

## 2. IDENTIFICAZIONE DELL'ELEMENTO DANNEGGIATO

Trattasi del perno di appoggio molle superiore (vedi all. 1) montato sul lato posteriore della morsa rispetto il senso di marcia; l'impianto, entrato in esercizio in data 28/12/2000, è dotato di morsa tipo LA612-97. La morsa interessata dalla rottura del perno è la n. 3984, montata sulla cabina n. 63, mentre il perno che ha subito la rottura (Foto 2a e Foto 2b) è marcato F2 12 137865.





Foto 2a



Foto 2b

### 3. SOLLECITAZIONI SUL PERNO

In condizioni normali di esercizio il perno è sollecitato prevalentemente a taglio in corrispondenza della sezione che viene a trovarsi, a perno montato, tra la boccola dell'asta e l'innesto della ganascia mobile, ovvero a 38 mm dalla testa del perno; a tale riguardo sono previste delle ben definite tolleranze di lavorazione per tale accoppiamento (vedi allegato 1 e allegato 2).

La sollecitazione indotta sui perni superiori è di tipo periodico che si ripete ad ogni ciclo di apertura/chiusura della morsa e passa da un valore massimo, in corrispondenza della completa apertura della morsa ad un valore minimo, dello stesso segno del valore massimo, corrispondente all'estensione della molla durante la fase di ammortamento sulla fune. Il perno quindi è sollecitato a fatica con un ciclo pulsante.

I perni inseriti non hanno generalmente la stessa età delle morse su cui sono montati; in sede di manutenzione infatti tali perni vengono periodicamente sostituiti non appena presentano segni di marcata usura in corrispondenza dell'accoppiamento con la boccola dell'asta guidamolle o in caso di sensibile ossidazione della parte che normalmente si trova infilata nella ganascia mobile.

#### 3.1 Cicli di carico

In base alla documentazione disponibile il perno in questione è stato sostituito nel 2014, in sede di manutenzione straordinaria del lotto morse di competenza, operazione questa che viene normalmente eseguita durante il periodo estivo.

A partire dalla stagione invernale 2014-2015 fino a gennaio 2017 l'impianto ha esercito complessivamente 7000 ore; considerato che l'anello di fune misura 6130 m, stimando una velocità media di esercizio pari a 5 m/s e tenuto conto della stazione intermedia, la morsa in questione ha subito all'incirca 165.000 cicli di apertura/chiusura.

#### 4. POSSIBILI CAUSE DI ROTTURA

Il cedimento è avvenuto in corrispondenza della lavorazione realizzata per dare spazio alla spina elastica che impedisce lo svitamento del perno (Foto 3).

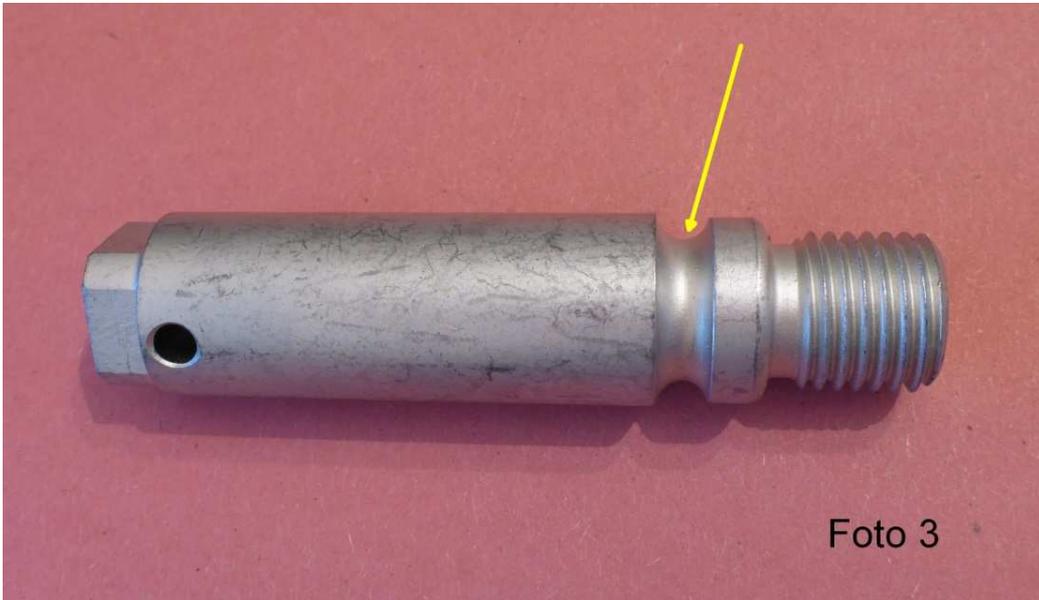


Foto 3

L'aspetto della superficie di rottura evidenzia chiaramente la fatica quale causa determinante il cedimento, il tipo di frattura inoltre è riconducibile ad una sollecitazione di flessione piana unidirezionale (Foto 4a e Foto 4b).



Foto 4a



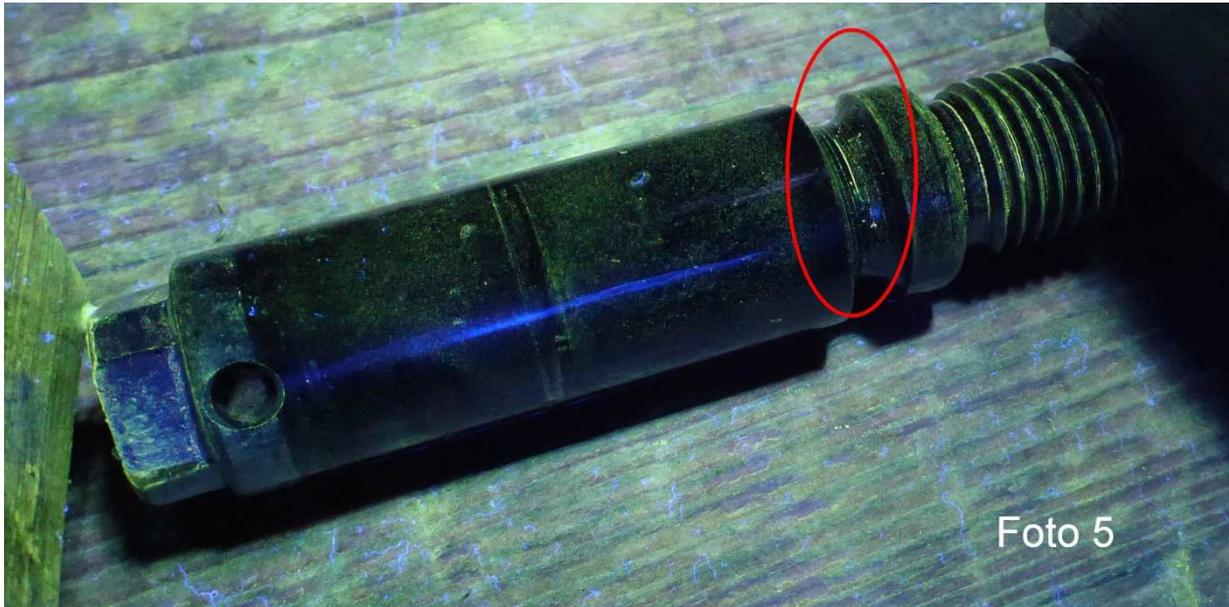
Foto 4b

Normalmente tale perno non viene sollecitato a flessione, tale stato di sollecitazione può però instaurarsi nel caso si venga a creare un certo gioco nella sede di alloggiamento ricavato nella ganaschia mobile (vedi allegato 2); tale ipotesi potrà essere verificata dopo aver smontato la morsa ed in seguito ad un'accurata misura del diametro del foro.

## 5. CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

### 5.1 Controllo magnetoscopico

Nel corso controlli non distruttivi eseguiti in data 01/08/2017 sul lotto morse in revisione programmata (totale 19 morse), è stata rilevata una piccola cricca su un perno mediante esame con particelle magnetiche (Foto 5).



Non essendo nell'agosto 2017 nota al sottoscritto la problematica riguardo la rottura di tali perni, non è stata data troppa importanza al fatto ed il perno è stato semplicemente scartato e sostituito.

### 5.2 Controllo con ultrasuoni

Il difetto descritto nei paragrafi precedenti può essere evidenziato anche utilizzando il metodo di controllo ultrasonoro; tale tecnica ha l'indiscutibile vantaggio di permettere l'ispezione dei perni allo stato montato a scapito però della sensibilità del controllo.

Al fine di validare il metodo ultrasonoro e, soprattutto, per stabilirne i limiti, sono stati eseguiti alcuni test su campioni appositamente realizzati utilizzando diverse apparecchiature e sonde.

Strumentazione utilizzata:

- Rivelatore di difetti **GILARDONI RDG 2500**
- Rivelatore di difetti **USM Go 13016177**
- Sonda normale **GILARDONI DP 5/5** frequenza 5 MHz, diam. cristallo 5 mm
- Sonda normale **PANAMETRICS 0,5"/5** frequenza 5 MHz, diam. cristallo 12 mm

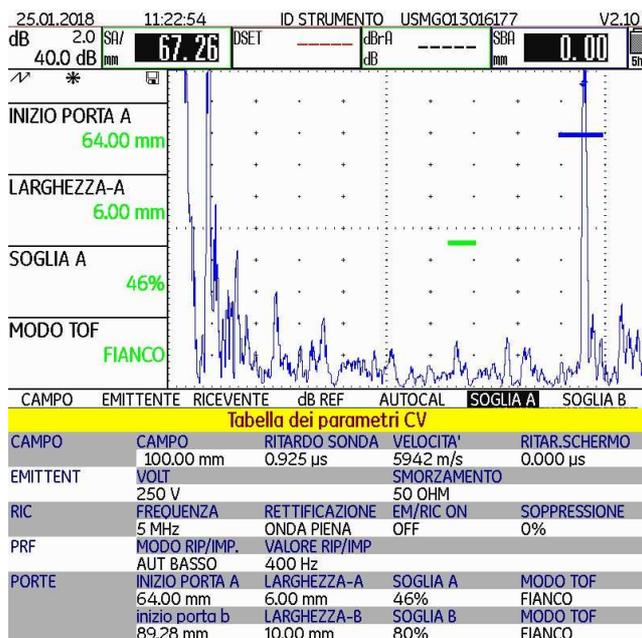
Sono stati realizzati due distinti campioni utilizzando altrettanti perni nuovi di ricambio disponibili a magazzino sui quali sono stati creati degli intagli in corrispondenza del punto di rottura. I campioni si distinguono per la posizione dell'intaglio rispetto il foro radiale di alloggiamento della copiglia presente in prossimità della testa del perno; il campione 1 (C1) presenta l'intaglio allineato con il foro mentre sul campione 2 (C2) l'intaglio è stato realizzato a 90° rispetto il precedente.



Tale distinzione è necessaria in quanto la presenza del foro della copiglia rappresenta un elemento di disturbo nei confronti dell'ispezione con le onde ultrasonore.

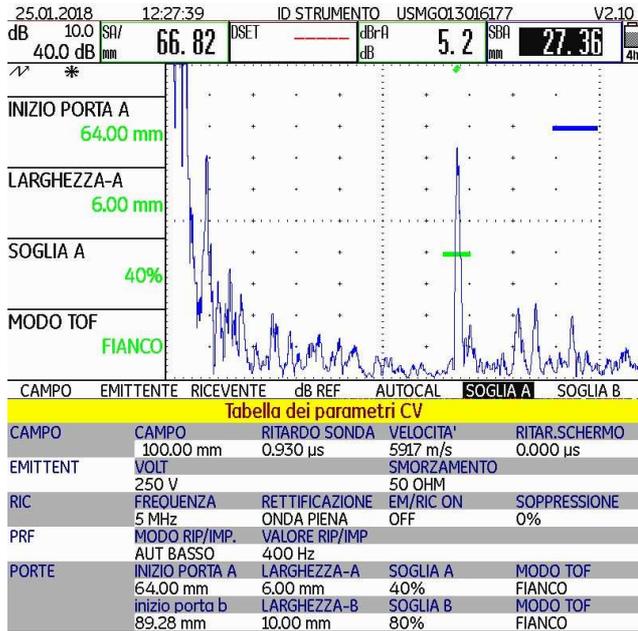
Di seguito si riportano gli ecogrammi più significativi; le prove sono state ripetute su un perno integro, su quello fratturato e su entrambi i campioni con gli intagli realizzati a diverse profondità. Tutti gli ecogrammi si riferiscono ovviamente all'ispezione con sonda posizionata in corrispondenza della testa del perno, ovvero la parte accessibile del perno stesso allo stato montato.

### 5.2.1 Perno integro



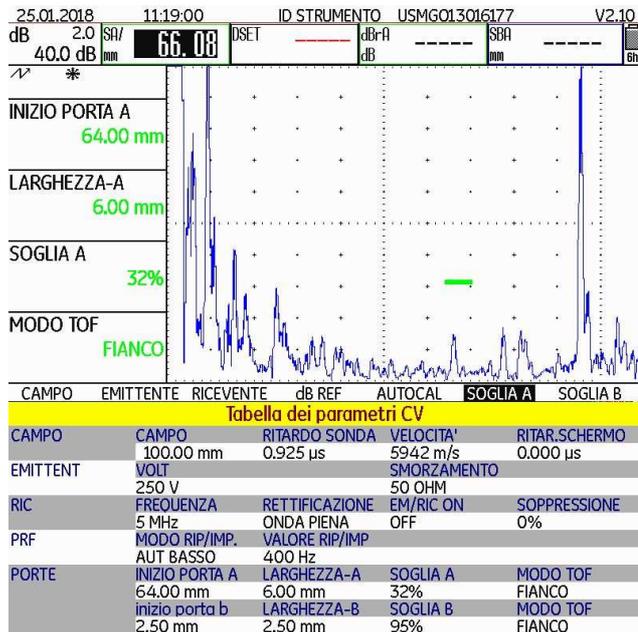
Il cursore blu è posizionato in corrispondenza dell'eco di fondo mentre il cursore verde è posizionato sulla zona soggetta a rottura. Il picco a sinistra, subito dopo l'impulso iniziale, si riferisce al foro per la copiglia.

### 5.2.2 Perno rotto



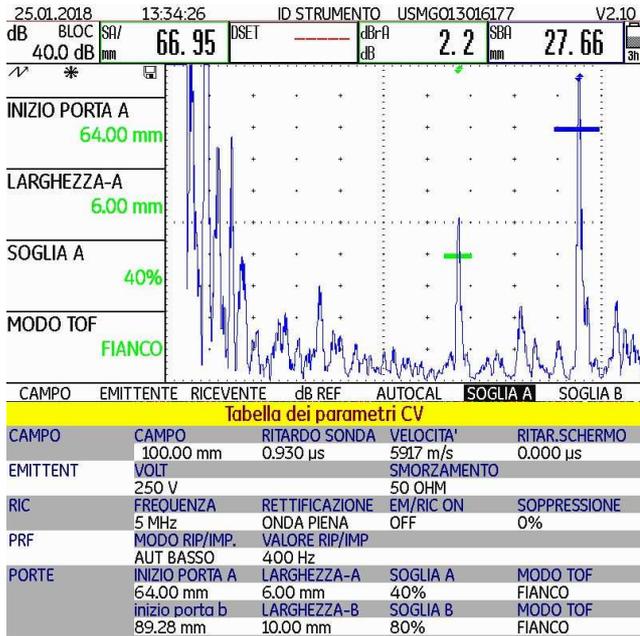
Ecogramma del perno rinvenuto rotto. Il cursore verde è posizionato in corrispondenza della sezione di frattura la quale si trova a 66,82 mm dalla testa del perno.

### 5.2.3 Campione C1, profondità intaglio 3 mm



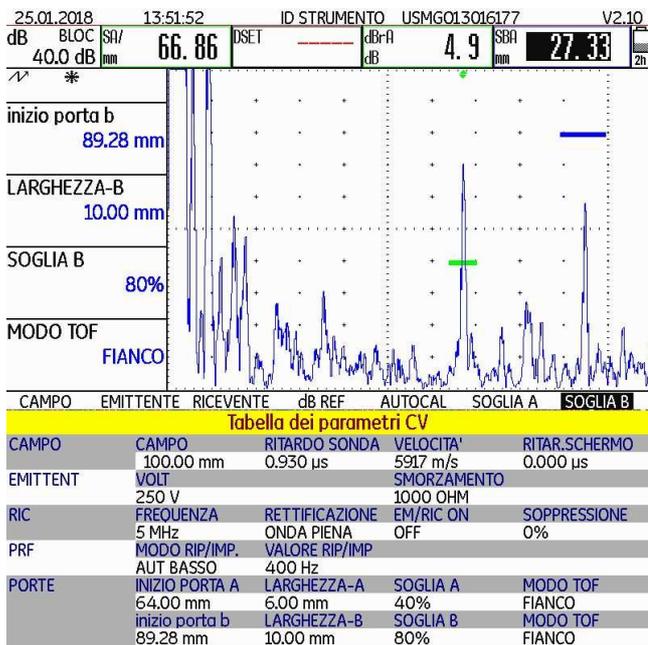
Il cursore verde è posizionato in corrispondenza dell'intaglio. Non emergono echi particolari, l'eco di fondo non subisce attenuazioni significative.

### 5.2.4 Campione C1, profondità intaglio 5 mm



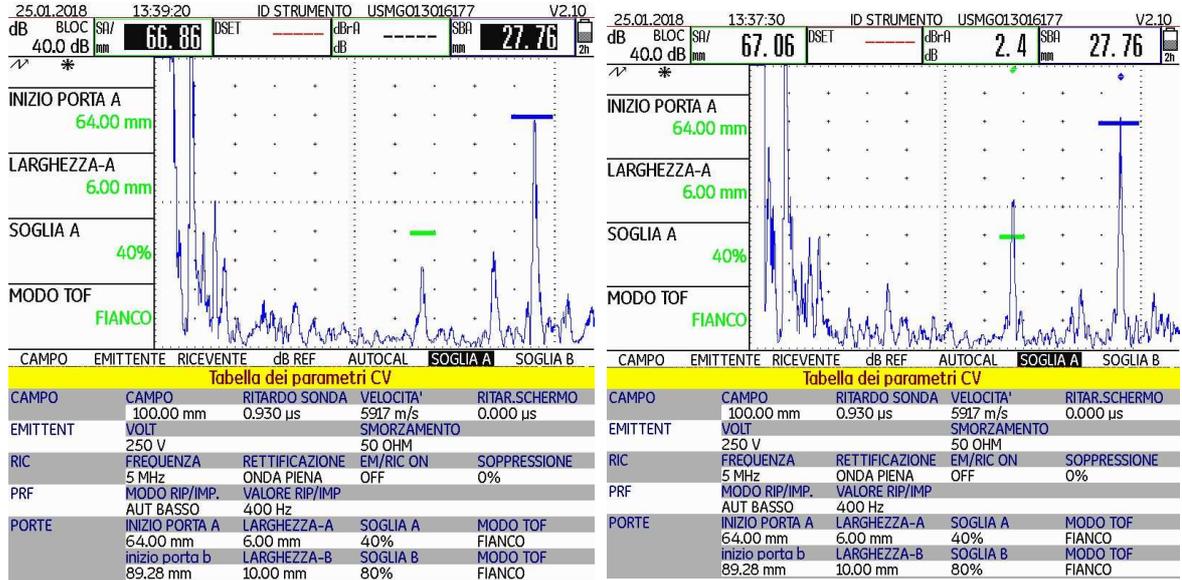
cursore verde posizionato in corrispondenza dell'intaglio. L'eco del difetto comincia ad apparire in maniera nitida.

### 5.2.5 Campione C1, profondità intaglio 7 mm



L'eco del difetto appare molto chiaramente; l'eco di fondo si attenua in maniera sensibile.

### 5.2.6 Campione C2, profondità intaglio 3 mm



cursore verde posizionato in corrispondenza dell'intaglio. L'eco del difetto appare abbastanza chiaramente, in dipendenza della sonda e da come essa viene orientata.

### 6. Conclusioni

Le tecniche di controllo non distruttivo qui brevemente contemplate si sono dimostrate efficaci per individuare l'insorgenza del difetto, in questo caso l'anomalia può essere caratterizzata con un buon livello di affidabilità prima che essa raggiunga un'estensione tale da compromettere la completa funzionalità del pezzo.

Il metodo magnetoscopico si dimostra di gran lunga il più efficace in quanto è in grado di individuare la cricca quando essa ha dimensioni ancora molto piccole; il controllo ultrasonoro si rivela pure adeguato in tutte le condizioni in cui il difetto si può presentare ma solo quando la cricca ha raggiunto un'estensione di circa 1/3 rispetto l'intera sezione del perno. Il controllo ultrasonoro ha dato i risultati migliori impiegando la sonda da 5 mm di diametro; con tale sonda infatti è possibile "schivare" meglio il foro della copiglia. Il controllo UT infine è notevolmente influenzato dalla manualità dell'operatore e dalla strumentazione impiegata.

il Direttore di esercizio

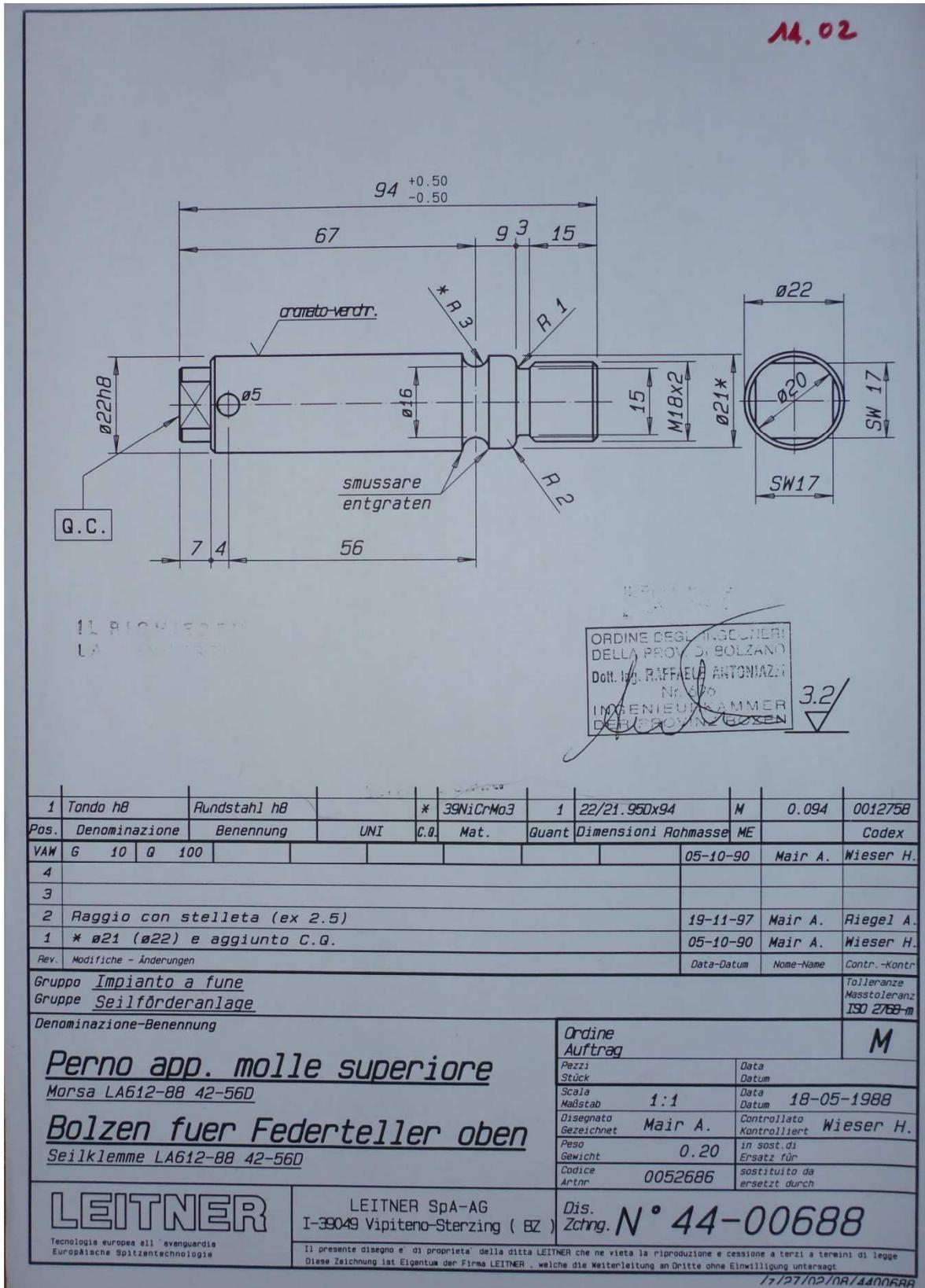
dott. ing. Boris SOSIC

LIVELLO 3 nei metodi UT - MT - VT/MIT

Allegati:

- All. 1: Dis. N. 44-00688 "Perno appoggio molle superiore".
- All. 2: Dis. N. 41-07956 "Ganascia morsa lavorata".

Allegato 1



Allegato 2

