

Traduzione dell'articolo "COMPRESSION IN CONTEXT" di Mike Busch tratto dalla rivista Sport Aviation di luglio 2013.

POCHI COMPITI DI MANUTENZIONE SONO COSI' POCO CAPITI.

COMPRESSIONE QUESTA MISCONOSCIUTA.

SOMMARIO

Articolo della serie riguardante la comprensione delle indicazioni dello stato del motore, l'autore discute la validità delle informazioni fornite dalla prova della compressione dei cilindri per definire accettabile lo stato del motore e sull'eventuale necessità di interventi. L'autore sostiene, in base all'esperienza acquisita negli anni, che l'esame boroscopico è più affidabile della prova di compressione poiché consente di vedere direttamente lo stato delle canne e delle valvole di scarico e prevenire delle avarie in volo. Esemplifica la diversità di informazione in merito da parte di Continental e Lycoming. Per l'aspetto dell'aeronavigabilità può essere sostenuto da "Is it safe? Is it airworthy?" (Sicuro o aeronavigabile?) su Sport Aviation di maggio 2011.

Capita tutti gli anni: ricoveriamo il velivolo in officina per l'ispezione annuale Lo IA (ispettore, ndt) richiede l'installazione di sensori di prova e la misura della compressione di ogni cilindro, mentre noi tratteniamo il fiato e preghiamo in silenzio in attesa del verdetto. Se le letture sono accettabili, potremo sorridere e distenderci; in caso contrario ci stringiamo in noi stessi per il problema che si presenta.



Nella primavera del 2002 ho avuto una bella lezione al riguardo delle prove di compressione, poco dopo essere diventato A&P, dato che ho fatto qualcosa di sciocco: ho rimosso un cilindro in perfetto buono stato dal mio motore!

Se avessi saputo quello che conosco ora, non avrei toccato quel cilindro. Ma allora, pensai che fosse la cosa giusta. (Sembra che tutti gli errori che ho compiuto negli anni derivino dall'aver per prima cosa esaurito tutte le alternative).

Avevo messo a terra il mio velivolo nel 2002 per l'ispezione annuale e il primo passo della mia check list è stato di drenare l'olio caldo ed eseguire la prova di compressione dei cilindri. Tutti i cilindri indicavano 70, salvo uno che dava 60/80 con aria fuoriuscente dalla valvola di scarico.

A quel tempo, la guida applicabile era il Bollettino di Servizio M84-15 della TCM. Questo insegna ai meccanici che è accettabile, per i motori TCM, la fuoriuscita di parecchia aria dopo gli anelli (quella che TCM chiama "sigillatura dinamica") e che è ancora aeronavigabile, ma che *nessuna perdita* è ammissibile a valle delle valvole.

Il mio cilindro chiaramente perdeva dalla valvola di scarico. Per cui via il cilindro.

Tirarlo via fu una pena. Spesi oltre due ore per togliere i deflettori, gli scarichi e i tubi d'alimentazione. Un'altra ora per rimuovere il coperchio delle cammes, l'albero a cammes, i bilancieri, le aste e i condotti delle aste. Infine, ho usato le chiavi apposite, una grande barra snodata, e ho fatto una gran forza per costringere gli otto bulloni di base ad allentarsi. Dopo quattro ore di lavoro, ho portato il tutto sul mio banco di lavoro per esaminare il danno.

Oggi, controllerei il danno con un boroscopio e conoscerei esattamente la situazione in soli quindici minuti, senza dover patire quest'agonia. Ma a quei tempi, un boroscopio per aviazione costava 20000\$ ed era usato principalmente per le ispezioni della parte calda delle turbine.

Ispezionai attentamente il cilindro, con particolare attenzione alla valvola di scarico. Provando come potevo, non mi sembrava che ci fosse alcun danno. Il cilindro mi sembrava normale. La valvola era a posto, non presentava segni di riscaldamento eccessivo o di materiale eroso. Anche la sede della valvola sembrava a posto.

Ero frustrato. Dopo tutto questo tempo e questi sforzi, volevo trovare un segno, ma non ne avevo trovato alcuno.

Mi recai presso l'officina locale esperta in cilindri. Esaminò il cilindro e non fu capace di trovare alcunché fuori posto. Per principio, ripassò la sede, sostituì la valvola di scarico lasciò la canna per togliere le rigature e mi inviò una fattura di 500\$ e rotti.

Ho installato delle fasce nuove sul pistone, quindi ho reinserito il cilindro e tutta la ferraglia che avevo rimosso prima. Come tempo, mi è costato circa dieci ore di lavoro, più 800\$ tra ricambi e lavoro esterno. Se non avessi fatto da solo del lavoro, avrei superato i 2000\$.

Il terribile anticipo mal regolato.

Questo sporco affare si mostrò essere un caso classico di sbagliata regolazione dell'anticipo. Nove mesi dopo, la TCM cambiò radicalmente la guida relativa alla sostituzione dei cilindri. Il 28 marzo 2003, i maghi di Mobile pubblicarono il bollettino di servizio SB03-3 dal titolo "Pressure differential test and borescope inspection procedure for cylinders". Questo nuovo bollettino di servizio di 14 pagine annulla e sostituisce il bollettino M84-15 e ne differisce per due aspetti cruciali.

Primo, SB03-3 elimina completamente la precedente dizione "dynamic seal" e "static seal". Con la nuova guida, la compressione può ridursi fin verso i 45 e non c'è distinzione se la perdita è dopo le fasce e dopo le valvole.

Secondo, SB03-3 richiede che il meccanico esegua un'ispezione boroscopica del cilindro insieme con ogni prova di compressione. Spiega che non è necessario un boroscopio aeronautico da 20000\$ e raccomanda di servirsi di un boroscopio automobilistico da 1000\$ circa. SB03-3 dice che se il cilindro appare in buone condizioni al boroscopio, il meccanico non deve rimuovere il cilindro, anche se la pressione ha un valore basso. Invece, il SB03-3 indirizza il meccanico ad eseguire alcune azioni (come "bloccare le valvole" e ruotare l'elica indietro) per ottenere un migliore lettura della compressione. Se non fosse risalita a un valore accettabile (classico dai 45 in giù), allora il

SB03-3 afferma che il velivolo può essere fatto volare per "almeno 45 minuti" e che dev'essere ripetuta la prova di compressione, a caldo.

Il messaggio fondamentale del SB03-3 è che la prova di compressione non è un modo affidabile per valutare lo stato del cilindro e che l'ispezione boroscopica lo è molto di più. Se il cilindro non supera la prova di compressione ma l'ispezione boroscopica lo trova in buono stato, allora il valore della compressione dev'essere considerato con sospetto e bisogna fare altre prove prima di decidere di estrarre il cilindro.

Ovviamente, i maghi di Mobile che hanno preparato il SB03-3 sapevano già quello che io ho imparato con difficoltà a mie spese. Se avessero pubblicato il SB03-3 anni prima, non avrei mai tirato via quel cilindro. Vivi e impara.

Oggi, la mia azienda gestisce la manutenzione di circa 500 velivoli a pistoni, oltre l'80% dei quali con motori Continental. Chiediamo sempre che le officine che eseguono l'ispezione annuale seguano alla lettera il SB03-3 sui "nostri velivoli". Vogliamo che ogni cilindro sia esaminato col boroscopio a ogni annuale, pochissime officine lo eseguono lo stesso anche se non è esplicitamente richiesto da noi. Se il cilindro appare in buono stato al boroscopio, muoviamo cielo e terra affinché non sia rimosso, indipendentemente dalla prova di compressione.

Le macchine di prova della compressione spesso sbagliano. I boroscopi mai.

Un caso esemplare.

La settimana scorsa, per esempio, sono stato avvicinato da un operatore di un velivolo che aveva appena lasciato la macchina in hangar per l'ispezione annuale e gli avevano presentato un preventivo di 31000\$ per l'operazione. Si trattava di un'officina di buon livello, una con cui avevo lavorato molte volte. Questa aveva eseguito anche le due ultime ispezioni annuali e, in entrambi i casi, le fatture erano di 25000\$. L'operatore supponeva che dopo due annuali da 25000\$, questa avrebbe dovuto presentarsi senza difficoltà. Quando ricevette il preventivo di 31000\$, andò in crisi e mi chiamò per un aiuto.

Chiesi all'operatore di inviarmi per mail il preventivo di 31000\$ e le due fatture da 25000\$ e le riesaminai in dettaglio. Sembrava evidente che il velivolo presentasse dei problemi di aeronavigabilità importanti, inclusa una perdita dal turbo e una wastegate (valvola di scarico del turbo, ndt) usurata oltre i limiti di riparabilità. Certamente dovevano essere sistemati.

Ma quasi la metà dei 31000\$ derivava dalla raccomandazione dell'officina di eseguire una revisione "top" del motore, con la sostituzione completa dei sei cilindri con altri nuovi. L'ordine di lavoro mostrava che due cilindri avevano una compressione ben oltre i 30 (inferiore al limite accettabile), altri due appena sopra i 40 (appena sopra il limite), due in buono stato (uno dei quali sostituito solo due anni prima). L'ordine di lavoro non precisava dove i cilindri perdevano (dalle fasce o dalle valvole) o come apparivano al boroscopio.

Telefonai al direttore dell'officina e discussi la raccomandazione della revisione "top".

Dove perdevano i cilindri? Dalle valvole di scarico.

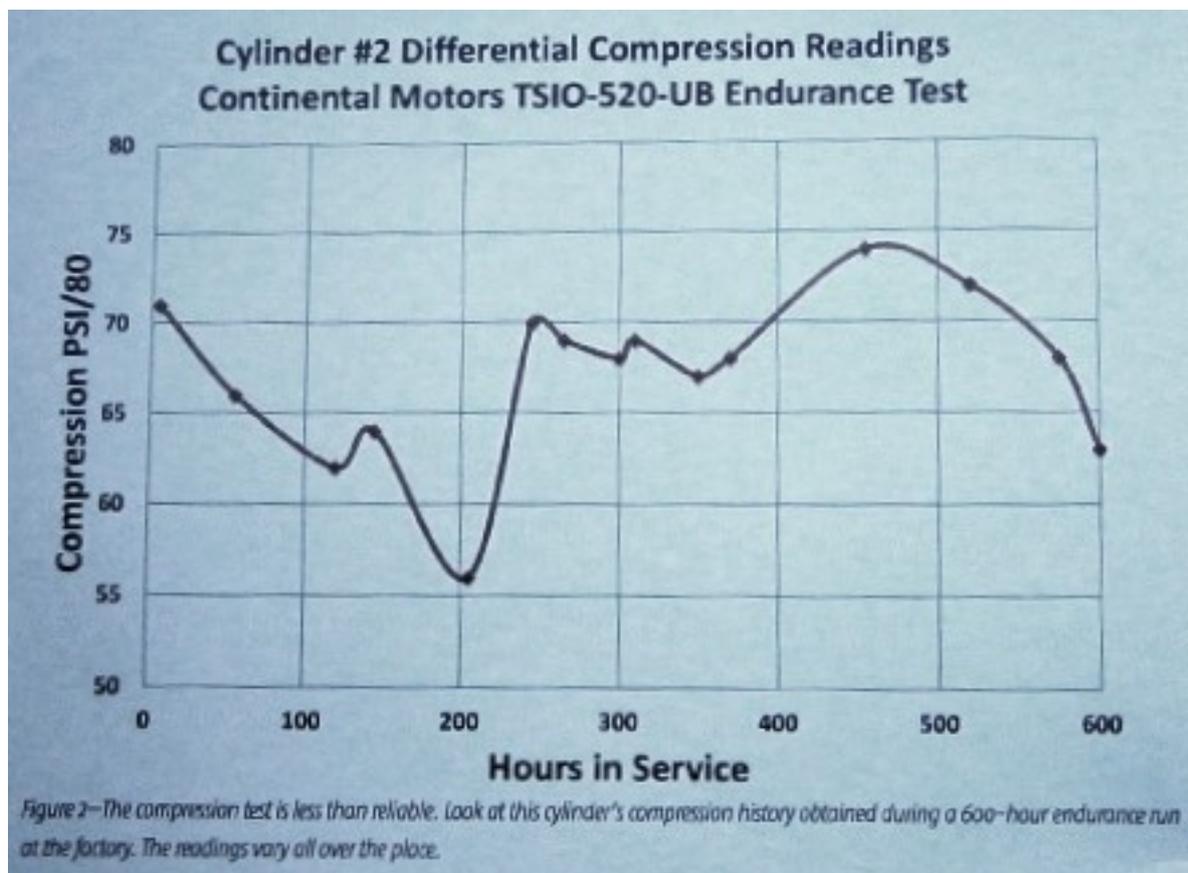
Come apparivano le valvole al boroscopio? Sembravano a posto.

Esaminai il SB03-3 mentre il DOM leggeva la sua copia cartacea. Al termine della conversazione, il DOM convenne che quattro cilindri erano aeronavigabili e concordò di far volare il velivolo per un'ora e poi ricontrollare gli altri due a caldo sotto la sua personale supervisione.

Dopo pochi giorni, ci parlammo ancora. Il DOM mi riferì che alla nuova prova i due cilindri segnavano 10 punti in più del limite inferiore e avrebbe firmato per la riammissione in servizio. La raccomandazione iniziale dell'officina "sostituire tutti i cilindri" divenne "tutti i cilindri sono aeronavigabili". Sono proprio contento quando succedono queste cose.

Guardiamo dentro.

Il boroscopio è un attrezzo molto più affidabile per stabilire la condizione di un cilindro rispetto al sensore di pressione. Anche la prova di compressione differenziale, che risale alla seconda guerra mondiale, non riesce a morire. È scritta ancora nelle FAR (Part 43, app. D) per cui i meccanici sono costretti a eseguirla a ogni ispezione annuale, a dispetto del fatto che sia discutibilmente sopravvissuta alla sua inutilità.

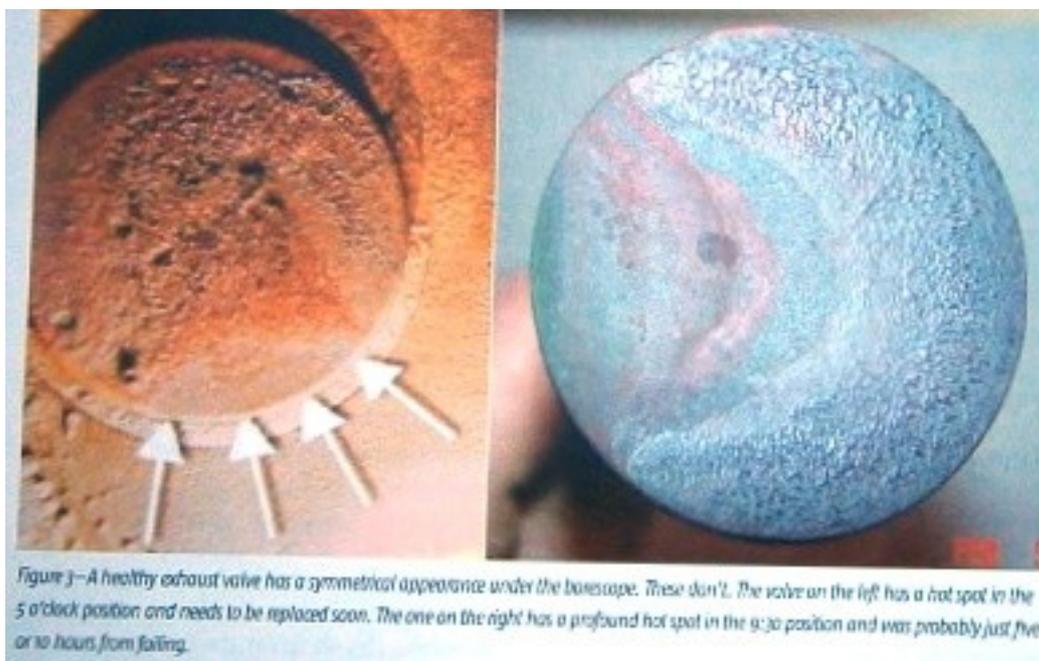


Una ragione di ciò, penso, è il fatto che la compressione fornisce dei numeri che danno l'impressione della precisione (è un'illusione perché è noto che queste letture sono irripetibili e possono cambiare come mostra la figura 2). All'opposto l'ispezione col boroscopio richiede una valutazione soggettiva di quello che uno IA vede attraverso l'attrezzo e questo richiede addestramento, esperienza e valutazione.

Pochi A&P sono addestrati adeguatamente per interpretare ciò che vedono attraverso il boroscopio. Non è abitualmente insegnato nelle scuole per A&P. Non sono stato capace di trovare dei libri o del materiale d'addestramento al riguardo. Quello che un A&P conosce l'ha imparato durante l'addestramento sull lavoro (on-the-job-training).

Il valore dell'ispezione boroscopica dipende dal fatto che l'ispettore sappia che cosa sta cercando. Alcuni lo sanno, altri sono senza guida.

Questo non è per dire che l'ispezione col boroscopio è difficile. Potete imparare molto di ciò che vi serve in circa mezzora, semplicemente osservando un mazzo di immagini dal boroscopio di cilindri in buono e cattivo stato, fino a che imparate a riconoscere quello che appare in cattivo stato. Non è una scienza astrusa.



La cosa più importante da imparare è come riconoscere una valvola di scarico che sta andando in avaria, perché questo è il più comune modo di guasto dei cilindri che può capitare interessante la sicurezza di volo. È facile spiegare la differenza tra una valvola sana e una in cattiva condizione. Quella sana ha un aspetto simmetrico al boroscopio, piuttosto simili all'occhio di un toro (?), indicando un'attività a temperatura uniforme lungo tutta la circonferenza. Una valvola non sana si presenta con un aspetto asimmetrico da una parte (cfr. fig. 3) che indica la presenza di un punto caldo. Questo punto caldo progredirà in peggio fino al guasto completo della valvola in volo e renderà inattivo il cilindro.

La mancanza di un adeguato addestramento del personale meccanico ha impedito l'accettazione del boroscopio come standard adatto per la definizione della condizione del cilindro. Però sono ottimista che nel tempo esso sostituirà l'anziana prova di compressione. Uno sviluppo incoraggiante consiste nell'introduzione di una nuova generazione di boroscopi digitali a basso costo, come il Snap-on BK8000 da 995\$, in grado di eseguire delle foto digitali di alta qualità (fig. 4). La capacità di eseguire delle foto digitali sul campo non richiederà a lungo degli esperti in boroscopia; si potranno eseguire delle foto digitali e inviarle tramite internet a qualcuno che

fornisca un parere esperto, come il tecnico radiologo esegue delle immagini CT o MRI e le passa al radiologo per l'interpretazione. Se molte officine sostituiranno i loro boroscopi ottici con quelli digitali, ritengo che questa diventerà sempre più la modalità di esame dei cilindri. Almeno lo spero.

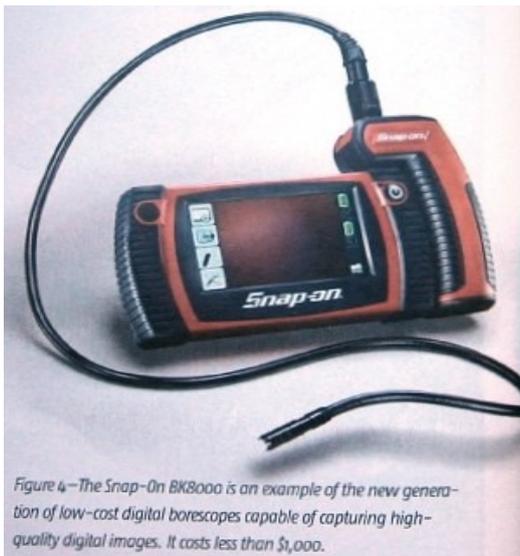


Figure 4—The Snap-On BK8000 is an example of the new generation of low-cost digital borescopes capable of capturing high-quality digital images. It costs less than \$1,000.

Altro sviluppo incoraggiante è la proliferazione dei sistemi di monitoraggio del motore che rilevano i valori individuali di CHT ed EGT di ogni cilindro (spesso anche altri parametri chiave del motore), registrano i valori ogni pochi secondi e permettono l'estrazione dei dati e la loro analisi. Quasi tutti i velivoli a pistoni di nuova produzione sono equipaggiati dalla fabbrica con questi schermi e stimo che quasi la metà dell'aviazione certificata ne sia equipaggiata. Ogni tipo di problema dei cilindri, incluso il guasto della valvola di scarico, può

essere rapidamente rilevato e diagnosticato per mezzo dell'analisi dei dati dell'impianto di monitoraggio (cfr. fig. 5).

E Lycoming cosa dice?

Una decina d'anni fa, la Continental ha riscritto completamente il manuale sulla valutazione dei cilindri quando fu pubblicato il SB03-3. Se potessimo convincere il nostro IA a seguire la sua guida, e ottenere di più con l'ispezione boroscopica che con le prove di compressione, avremmo eliminato completamente l'epidemia scorretta della revisione "top" e l'inutile rimozione dei cilindri che ha flagellato i velivoli a pistoni della GA per troppi anni.

Ma cosa si può dire se volate con i Lycoming?

Equivalente al SB03-3 è la Service Instruction 1191A. È lunga solo due pagine e non menziona i boroscopi o i monitoraggi del motore o ogni altra cosa che abbiamo imparato nei passati cinquant'anni. Perpetua la nozione della seconda guerra mondiale che valori di 70/80 o superiori sono soddisfacenti, valori di 65/80 sono preoccupanti, valori inferiori a 60//80 sono inaccettabili.

Se operate un velivolo con un motore Lycoming questo bollettino è una cattiva notizia e vi costerà un sacco di soldi.

La buona notizia, ammesso che sia tale, è che la guida della SI 1191A è scritta in un linguaggio ambiguo (interpretabile, ndt). Non dice che un cilindro che dà meno di 60/80 "deve essere rimosso". Dice che la rimozione e la revisione di tale cilindro "dovrebbe essere presa in considerazione". Questo permette al vostro IA delle contorsioni, se è abbastanza capace di farle.

Ma non sorprendetevi se non ne è capace!

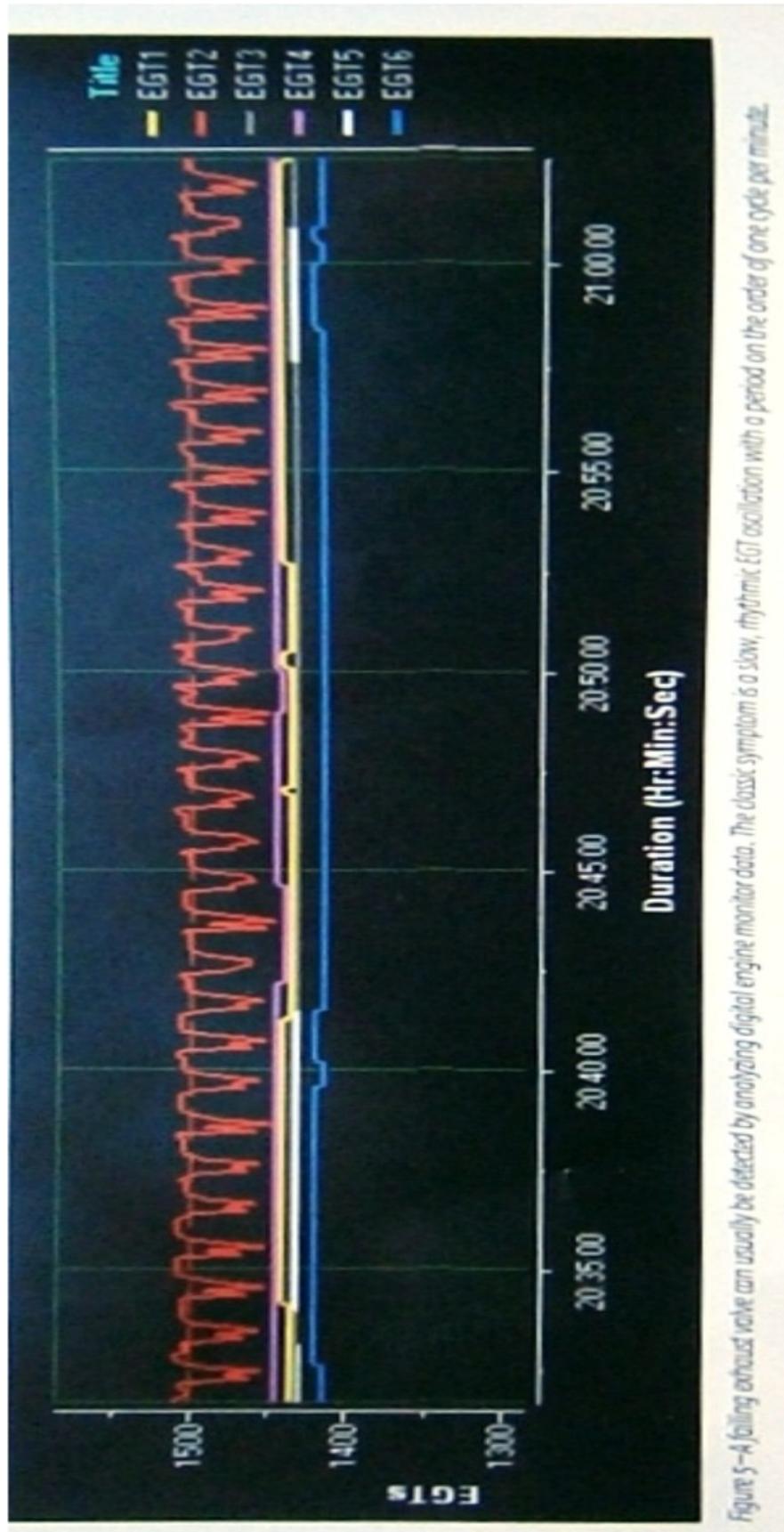


Figure 5—A failing exhaust valve can usually be detected by analyzing digital engine monitor data. The classic symptom is a slow, rhythmic EGT oscillation with a period on the order of one cycle per minute.