

Orologi in legno: qualche idea per fabbricarli

38
RT 376

SANDRO DEL FABRO,
ingegnere meccanico

Navigando su internet ho scoperto che ci sono molte persone che costruiscono orologi in legno a scopo amatoriale.

Dopo aver pensato un po' raccolti la sfida e mi accinsi a mettere alla prova le mie abilità manuali e le mie conoscenze di meccanica. La cosa mi appassionò ancor di più per il materiale utilizzato, il legno, per la sua estrema versatilità, per la facile lavorabilità e, non ultimo, per una certa tradizione di famiglia.

Finora ho costruito quattro esemplari, tutti diversi tra loro, tutti funzionanti, e ora l'uno ora l'altro accompagnano le mie giornate con il loro ticchettio.

I primi orologi meccanici vennero utilizzati nei conventi per scandire il tempo della preghiera. Erano molto imprecisi tanto che non avevano la lancetta dei minuti, ed erano poco affidabili. Quando in seguito fu possibile utilizzare un pendolo quale regolatore del moto, le cose cambiarono rapidamente e si riuscì presto a realizzare orologi con una buona precisione.

Un po' di storia

Alla fine del 1600 il ventenne John Harrison, inglese, costruì un orologio a pendolo in legno senza aver mai fatto pratica presso una bottega di orologiaio. Sembra che si sia fatto le ossa riparando gli orologi del circondario. Non era ricco e non poteva permettersi l'ottone necessario, che a quel tempo costava moltissimo. Non sappiamo quali tecniche adottò, ma con il suo orologio di legno riuscì a rivaleggiare con quelli in metallo.

Successivamente costruì diversi cronometri marini metallici dotati di scappamento a bilanciere su commissione del Board of Longitude, con uno dei quali, Harrison numero 4, vinse il premio di 10.000 sterline, la metà di quanto promesso. Il premio era stato messo a disposizione dal Parlamento inglese per chi avesse risolto il problema della longitudine e ammontava a 20.000 sterline. A quei tempi l'incapacità di fare il punto nave era un grave ostacolo alla navigazione. Molti vascelli finivano sugli scogli con la perdita dell'equipaggio per l'impossibilità di misurare la longitudine. La latitudine invece si riusciva a misurare accuratamente con il sestante.

Una delle menti più fertili nella

ideazione di congegni meccanici per gli orologi fu Robert Hook, curatore degli esperimenti presso la Royal Society, assai restio a divulgare le sue scoperte, ma pronto a rivendicarne puntigliosamente la primogenitura, quando altri proponevano qualcosa di simile. Hook, famoso per la legge di proporzionalità tra sforzi e deformazioni, che porta il suo nome, aveva a quanto pare un carattere poco "duffile".

Ma chi contribuì con maggiore ampiezza allo sviluppo dell'orologeria fu Hans Christian Huygens, olandese. Tra i suoi contributi si cita lo studio della cicloide e la dimostrazione dell'isocronismo del pendolo che è rigorosamente tale solo nella condizione in cui la massa oscillante descriva una cicloide. Trovò anche il modo di realizzare un pendolo in grado di soddisfare questo requisito. Era talmente orgoglioso del risultato ottenuto che fece scrivere sulla sua tomba una breve iscrizione in proposito.

Presto ci si accorse che l'orologio, al pari degli strumenti tecnologici odierni, avrebbe potuto innescare profondi cambiamenti sociali: infatti indusse a pensare, diversamente dal passato, alla giornata divisa in 24 ore, tutte uguali in ogni stagione dell'anno.

Ma ancor di più, poteva misurare in modo del tutto indipendente il tempo di lavoro e introdurre un salario calcolato proprio in base a questo. Nacquero quindi alcune resistenze al suo utilizzo e alla sua fabbricazione.

Alla costruzione degli orologi si dedicavano diversi artigiani. La maggior parte lavorava in casa, lo facevano come secondo lavoro spesso dopo una dura giornata



trascorsa nei campi. Costoro erano dediti alle lavorazioni più grossolane, preparavano i singoli componenti semilavorati che passavano poi ai maestri più abili. Per le finiture di maggior precisione si ricorreva ai più bravi, gli unici dotati dell'estrema capacità manuale e maestria richiesta. Questi ultimi esercitavano soltanto l'attività di orologiai. Venivano impiegati attrezzi molto semplici come lime, pietre abrasive, raschietti. Il più delle volte gli strumenti necessari venivano autoprodotti dagli stessi utilizzatori.

A dimostrazione di quanto sia raffinata la costruzione degli orologi, sia in passato sia al giorno d'oggi, si consideri che fino all'avvento dell'elettronica l'orologeria era l'industria di punta, quella cioè che richiedeva gli standard qualitativi più elevati e le maestranze più qualificate.

L'orologio a pendolo

Un orologio a pendolo nella sua forma più semplice è composto da un treno di ruote dentate che trasferisce il moto del peso che scende alla ruota di scappamento ossia a quella ruota che è collegata opportunamente con il regolatore del moto, ossia il pendolo. È quest'ultimo che, con l'isocronismo che gli è proprio dà il passo necessario per la regolarità della marcia.

Per l'uniformità del moto è richiesta una lavorazione particolarmente attenta e precisa per ridurre al minimo ogni dissipazione di energia. Come ben sa lo studente di matematica, il cui unico sforzo è quello di capire, per il costruttore di orologi l'unico sforzo da perseguire è quello di rendere minimo l'attrito ovunque esso si formi.

L'attrito nelle ruote dentate

Negli orologi di legno amatoriali i denti delle ruote dentate sono profilati alla buona e ciononostante l'orologio funziona lo stesso.

La mia formazione professionale però suggerisce che si potrebbe fare di meglio e adottare per i denti un profilo analogo a quello utilizzato nei ruotismi di uso comune in meccanica. Queste ruote adottano un profilo a evolvente che induce una maggiore regolarità del moto e sono relativamente facili da realizzare.

Presentano però due inconvenienti che ne limitano l'uso.

- 1) La ruota maggiore ingrana con un pignone che tipicamente ha da 6 a 8 denti. In queste condizioni si verifica interferenza tra i denti delle due ruote. In altre parole i denti dell'una tendono a compenetrare i denti dell'altra. Se questo dovesse accadere l'orologio si fermerebbe. Si deve allora modificare opportunamente il profilo dei denti come insegna la meccanica e l'inconveniente trova soluzione.
- 2) Il secondo problema è tipico delle ruote a evolvente. Consideriamo l'ingranamento di un dente della ruota mentre ingrana con un dente del pignone. Per tutto il periodo in cui sono a contatto questi due denti hanno un moto relativo che li porta a strisciare tra loro generando un modesto attrito. Nella meccanica ordinaria le ruote dentate sono lubrificate e l'attrito scende a valori minimi. Negli orologi a pendolo (a maggior ragione se sono in legno) non vi è lubrificazione perché l'olio tratterrebbe la polvere e dopo un po' l'orologio si ferme-

rebbe. Per risolvere questo problema è necessario costruire le ruote con profilo epicicloidale. Con questo profilo i denti di una ruota rotolano senza strisciare sui denti dell'altra. In teoria l'attrito tra i denti è nullo. Queste ruote sono più difficili da costruire e devono essere montate con interasse preciso. Presentano l'ulteriore vantaggio di non dar luogo a interferenza anche se il pignone ha pochi denti. Si può costruire tutto il treno di ingranaggi con ruote epicicloidalì o più opportunamente riservare questo tipo di profilo alle sole ruote prossime alla ruota di scappamento, mentre le altre possono essere a evolvente, più facili da realizzare.

L'attrito nei perni

Anche se a prima vista può sembrare strano, l'attrito nei perni porta facilmente all'arresto del meccanismo. Il tipo più semplice di perno per orologi in legno consiste in un foro praticato nel telaio entro cui ruota l'albero in acciaio o in ottone. Il foro è maggiorato di qualche decimo di millimetro ed è rivestito internamente di cera fusa che ha la funzione di lubrificante. Viene inserita con un filo metallico riscaldato alla fiamma di una candela. Può dare risultati accettabili per gli alberi intermedi, ma alla lunga la cera viene assorbita dal legno e l'effetto lubrificante si riduce.

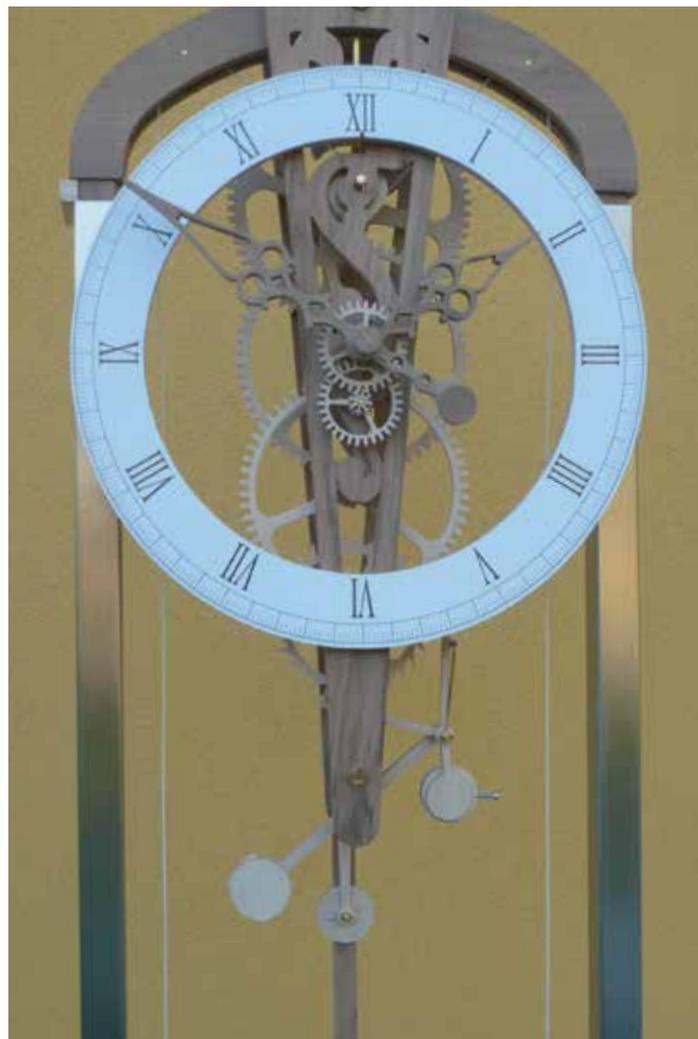
Per la realizzazione dei perni è utile ricordare che il treno di ingranaggi che trasferisce il moto dalla prima ruota (a cui è agganciato il peso che muove tutto il meccanismo) all'ultima ruota quella di scappamento vi è un rapporto

Clock one: SEMPLICITY

È il primo orologio che ho costruito. È in multistrato di betulla, realizzato rigorosamente secondo le istruzioni, tuttavia per ottenere una marcia regolare ho dovuto fare numerose modifiche. Ha uno scappamento Graham e le ruote dentate piuttosto grandi per attenuare gli errori di fabbricazione. I denti di queste ruote non hanno un profilo canonico, ma funzionano in modo soddisfacente. La carica è di circa 12 ore con un errore di qualche minuto

**Clock two: TERTIUS**

È un orologio di aspetto piuttosto elegante. Il telaio è realizzato in legno di noce cresciuto nel mio orto. Le ruote dentate sono sia a evolvente sia epicicloidal. Lo scappamento è un Grasshopper con un funzionamento particolarmente silenzioso. Ha una riserva di carica di circa sessanta ore e necessita di un peso ridotto a causa della minore perdita di energia, propria di questo scappamento

**Clock three: SEXTUS**

Questo orologio ricorda uno dei modelli di John Harrison. Ha due pendoli accoppiati tra loro per mezzo di due segmenti di ruote dentate. Lo scappamento è un Grasshopper con punto di incontro delle leve all'infinito. È un orologio problematico a causa della deformabilità del legno e della scarsa capacità dei due pendoli di assumere con decisione la loro funzione di regolatori del moto. Non ha una marcia particolarmente regolare, ma un aspetto piuttosto insolito e appariscente

di trasmissione tipicamente di 1/4800 e ciò significa che quando la prima ruota compie un giro, la ruota di scappamento ne compie 4800, essendo il meccanismo un moltiplicatore di numero di giri. Di conseguenza il momento torcente sulla prima ruota se vale 0,4 Nm, sulla ruota di scappamento, trascurando gli attriti, si riduce a $8,3 \times 10^{-5}$ Nm. Pertanto i cuscinetti della ruota di scappamento devono

essere realizzati con la massima cura, preferibilmente con una boccia in ottone.

I materiali

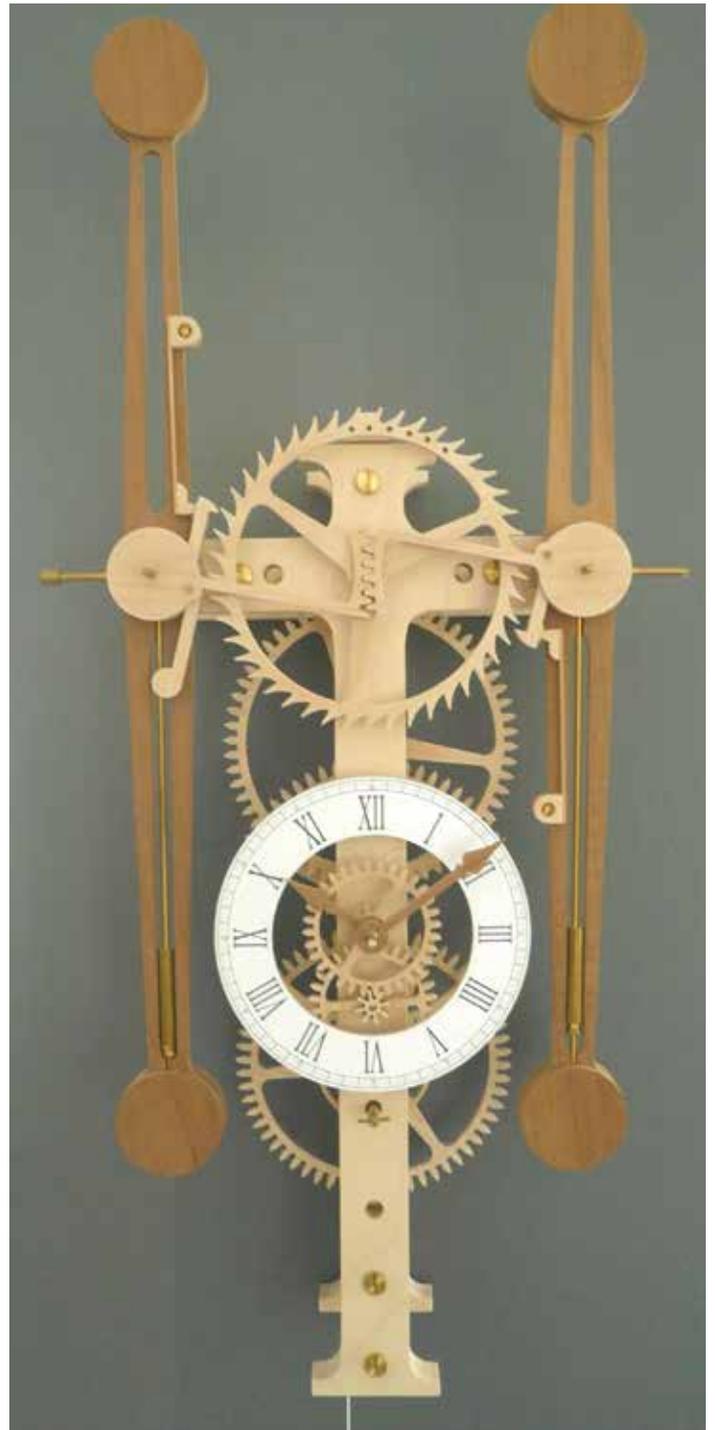
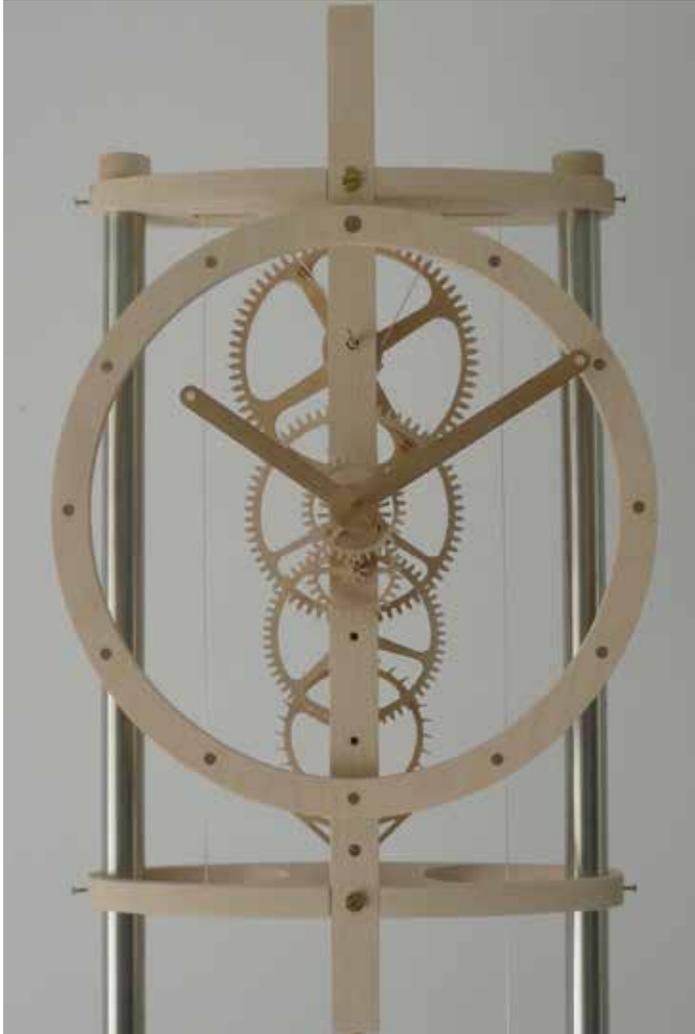
Si possono impiegare quasi tutti i tipi di legno disponibili tenendo presente che il legno è un materiale igroscopico e anisotropo. Assorbe o cede umidità all'ambiente e in questo processo varia le sue dimensioni. Lungo le fibre la va-

riazioni dimensionali sono minori, nelle altre direzioni sono molto più ampie. Inoltre è soggetto a torcersi. Queste caratteristiche del legno sono ineliminabili, l'unica cosa che si può fare è di tenerne conto e di imparare a convivere.

È buona norma utilizzare legname ben stagionato e sufficientemente stabile. Se ad esempio vogliamo che l'interasse tra due ruote rimanga costante dobbiamo

Clock four: ALFA

È stato progettato e costruito interamente dall'autore dell'articolo. Il telaio è in acero canadese, le ruote dentate in multistrato di betulla con profilo dei denti epicicloidali per una marcia con minimo attrito. Le ruote sono scalate in ordine decrescente e molto esili per conferire una maggiore leggerezza. Si è preferito realizzare l'asta che sorregge la massa del pendolo in legno anche se, per una marcia più precisa, sarebbe stato preferibile impiegare un'asta metallica. La sospensione del pendolo è costituita da una sottile lamina di acciaio che si comporta meglio del solito appoggio a coltello. Ha un errore di qualche minuto nelle 24 ore, ma può fare anche meglio in assenza di forti sbalzi di umidità.



utilizzare il legno disponendo le fibre parallelamente all'interasse perché così abbiamo la minima variazione di lunghezza.

Le ruote dentate presentano maggiori criticità perché tendono a ovalizzarsi e svergolarsi. È buona norma allora incollare tra loro più strati sottili con le fibre incrociate. Si ottiene così una ruota di spessore elevato ma abbastanza stabile. La colla deve essere scelta con

cura perché essa stessa può essere fonte di distorsioni.

Ottimo materiale è il multistrato di betulla che si trova facilmente in commercio e presenta una buona stabilità. Con questo materiale si possono realizzare i particolari più minuti essendo un legno a grana fine di grande resistenza. Ciononostante, pur avendo messo in atto tutti gli accorgimenti del caso, se si verifica improvvisamente un

forte sbalzo di umidità è assai probabile che l'orologio ne risenta e si fermi. Il legno si muove. Se si ha la pazienza di aspettare qualche giorno, sembra che si riadatti alle nuove condizioni, e poi riprende la sua marcia regolare.

La precisione di questi orologi è di qualche minuto nelle 24 ore, ma possono fare anche meglio! Per questo vennero costruiti fino quasi alla fine del 1800.