

*Il testo qui sotto riprodotto corrisponde ad una nota di istruzioni tecniche fornita da un cliente per la stesura di un nuovo brevetto.*

### Perfezionamenti nelle avvitatrici

La nostra è un'azienda del settore dell'arredamento e per noi in passato avete curato soprattutto marchi e modelli ornamentali. Stavolta pensiamo però di aver trovato qualcosa di brevettabile come invenzione.

Per i nostri mobili (alcuni sono diventati classici del design), usiamo molto il collegamento per avvitatura: i nostri mobili devono essere facili da montare e da smontare anche dopo anni. Oggigiorno utilizziamo soprattutto materiali come truciolare, "medium density", o essenze particolari: questo sia per motivi economici, sia perché il legno massello - adattissimo per mobili tradizionali - tende inevitabilmente ad "imbarcarsi" ed a deformarsi con la temperatura e l'umidità. Se si cerca di collegare con viti due pannelli di truciolare o medium density messi di spigolo a 90° (ad esempio un fianco e la schiena di un armadio) succede che le viti attraversano bene il primo pannello nel senso dello spessore, ma poi, quando entrano "di costa" nell'altro pannello, tendono a divaricarne le facce opposte: spesso il truciolare si sbriciola, le viti non tengono e qualche volta vengono via interi pezzi di pannello vicino allo spigolo. Per questi collegamenti siamo stati sinora obbligati a ricorrere all'incastro, all'incollaggio o, al più, al collegamento tramite staffette a L: tutte soluzioni che non ci piacciono né per il montaggio, né per lo smontaggio.

Parlo naturalmente di avvitatura fatta in automatico, con le avvitatrici che abbiamo in stabilimento (ed anche con avvitatori portatili a batteria, di quelli che usano i nostri montatori quando vanno in giro a montare i mobili). Ci sono alcuni nostri montatori anziani esperti, che - se capita (ad esempio per gli stand delle mostre) di dover montare due pannelli di truciolare o medium density messi di spigolo - si mettono lì con il trapano a mano ed il cacciavite e fanno un collegamento di spigolo che tiene benissimo, con le viti che mordono bene e senza che si stacchi alcun pezzo: ci mettono naturalmente del tempo e la soluzione è improponibile per la produzione corrente.

In stabilimento abbiamo vari tipi e modelli di avvitatrici automatiche: quasi tutte comprendono una testa avvitatrice con una batteria di mandrini, ciascuno destinato ad avvitare una vite e che nei vari modelli differiscono soprattutto per i modi di caricamento della vite. Per quanto riguarda lo svolgimento dell'operazione di avvitatura, i mandrini funzionano tutti così come schematizzato nella figura 1 degli schizzi qui allegati.

Quando il controllo (un PLC o un PC industriale o, nei modelli più vecchi, un controllore specifico) dà il consenso all'avvitatura (tempo  $t_0$  della figura 1), il motore del mandrino è avviato e raggiunge una velocità di rotazione costante  $\omega_{avv}$  (regolabile da parte dell'operatore secondo il tipo e le caratteristiche della vite e secondo il materiale in cui si avvita). Il mandrino avvitatore ha associato un sensore di coppia (ad esempio una cella di carico), che sente la coppia resistente offerta dalla vite aumentare di colpo quando la vite è completamente avvitata e ferma il mandrino (tempo  $t_f$  della figura 1 - l'arresto è in sostanza immediato).

Inizialmente, abbiamo pensato che i problemi nell'avvitatura di materiali come il truciolare fossero legati al mandrino che si fermava troppo tardi, dopo che la vite aveva già danneggiato il materiale. Abbiamo provato ad abbassare la soglia di sensibilità del sensore di coppia. Abbassando la soglia può però capitare che, rilevando un piccolo aumento di coppia resistente all'avvitatura dovuto, ad esempio, ad una disomogeneità del materiale, il controllo fermi il mandrino con la vite avvitata solo in parte. In più, abbiamo visto che in molti casi il materiale comincia a spaccarsi ben prima che la vite sia arrivata a fine corsa di avvitatura.

M- 

Abbiamo visto che la soluzione giusta sta nel controllare il movimento di rotazione del mandrino secondo un diagramma come quello della figura 2. In pratica, quando il controllo dà il consenso all'avvitatura (tempo  $t_0$  della figura 2), il mandrino è avviato con una velocità di rotazione iniziale  $\omega_{max}$  (anche lei regolabile, spiego dopo come). Da questo valore massimo iniziale, la velocità di rotazione scende poi con una rampa (lineare, nell'esempio qui rappresentato) sino ad arrivare a valore nullo (arresto del mandrino) quando la vite è completamente avvitata. Abbiamo visto che, così facendo, riusciamo a fare in pochi istanti ed in modo automatico giunzioni di spigolo del tutto equivalenti a quelle che i nostri montatori riuscivano a fare a mano.

La rampa di decelerazione può seguire una legge diversa da una legge lineare (vedi linee a tratti nell'figura 2): in alcuni casi ci può essere qualche vantaggio, non decisivo, e quello che conta è che la velocità di avvitatura sia massima all'inizio e poi scenda gradualmente sino a zero. Abbiamo ipotizzato che in questo modo si evita lo stabilirsi di un'onda d'urto attraverso il materiale avvitato, ma questa è una teoria tutta da verificare.

Il modo migliore per mettere in atto la soluzione che abbiamo inventato è intervenire sul software di comando dell'avvitatrice. Noi però siamo "mobiliari" e, oltretutto, ci serviva una soluzione utilizzabile anche su alcune vecchie avvitatrici prodotte da un'azienda che non esiste più da anni. In proposito, per quanto riguarda l'arresto a zero della velocità di avvitatura, abbiamo visto che ormai tutti i produttori di viti sanno dire con precisione - per loro è un dato di progetto - il numero  $N$  delle spire (compresi i sottomultipli) del filetto delle viti che ti forniscono. Questo significa che uno sa con precisione quanti giri ci vogliono per avvitare completamente la vite.

Veduto questo fatto, in nostri tecnici interni si sono fatti fare da un laboratorio elettronico esterno il kit di modifica rappresentato nello schema a blocchi della figura 3. Il kit interviene sui controlli dei mandrini  $M$  ed in particolare sull'ingresso 10 di comando della velocità di rotazione  $\omega$  dei mandrini. Questo è un ingresso (analogico, in tutte le avvitatrici automatiche che abbiamo in stabilimento - i tipi più recenti hanno un ingresso digitale), destinato a ricevere una tensione il cui valore determina la velocità di rotazione del mandrino. Il nostro kit prende la tensione che arriva (su una linea 12) dal comando del mandrino: questa è la tensione che - nelle avvitatrici tradizionali - rimane costante al valore corrispondente alla velocità  $\omega_{avv}$  sino a quando il sensore di coppia 14 indica che la vite è completamente avvitata. Il nostro kit interviene convertendo la tensione d'ingresso sulla linea in forma digitale (convertitore A/D 16) e operandone (tramite un microprocessore 18) lo scalamento secondo la rampa della figura 2. L'uscita del processore 18 è riconvertita in analogico (convertitore D/A 20) ed usata per pilotare l'ingresso 10 del mandrino  $M$ . Il sensore di coppia 14 (che fa parte di una protezione del mandrino contro la bruciatura degli avvolgimenti del motore) si può lasciare connesso: in ogni caso il nostro kit manda a zero la tensione sull'ingresso 10 sempre prima che intervenga il sensore 14. In realtà, il nostro kit è una scheda a sei canali che pilota simultaneamente i sei mandrini di una singola testa avvitatrice. Ha quindi sei ingressi (12) e sei uscite (10) e due banchi di sei convertitori 16 e 20 ciascuno. Il processore 18 è invece unico per tutti i canali.

Il processore 18 riceve in ingresso (tramite un tasterino 22) essenzialmente due dati: il numero di giri  $N$  (non necessariamente un intero, come si è visto) necessari per avvitare completamente la vite (dato fornito dal produttore delle viti) e la durata  $T$  che si vuole imporre per la singola avvitatura. Un operatore con un minimo di esperienza è in grado di stimare questo dato dalla lunghezza della vite (una vite "lunga" richiederà infatti più tempo di una vite "corta" per essere avvitata) e dal tipo di materiale (l'operatore è in grado di rendersi conto se il materiale da avvitare è abbastanza consistente oppure se sia particolarmente fragile, così da richiedere un'avvitatura condotta lentamente). Da questi dati, il processore 18 è in grado di calcolare la velocità media  $\omega_m$  in giri/s

necessaria per far girare la vite di N giri nel tempo T (in secondi) essendo  $\omega_m = N/T$ . Nel caso della rampa lineare della figura 2,  $\omega_{max}$  è semplicemente pari a  $2\omega_m$ .

Pur nella sua semplicità, la soluzione si dimostra molto efficace. In particolare, facendo alcune avvitature di prova, l'operatore è in grado di rendersi conto del fatto che la vite è avvitata in modo insufficiente (la testa della vite rimane leggermente sporgente), oppure in modo eccessivo (la testa della vite affonda leggermente nel materiale). L'operatore può allora intervenire incrementando o riducendo di poco il valore di N. In modo analogo, l'operatore può verificare se sia possibile ridurre il valore di T, rendendo più rapida l'operazione di avvitatura, senza incidere negativamente sulla qualità del risultato finale.

Nata per avvitare nel truciolare o nel medium density, questa soluzione si è dimostrata ideale anche per avvitare in legni particolarmente fibrosi o scagliosi (ad es. larice rosso). Ci piacerebbe anche applicarla agli avvitatori portatili, ma questo è un compito che lasceremo ad eventuali licenziatari.

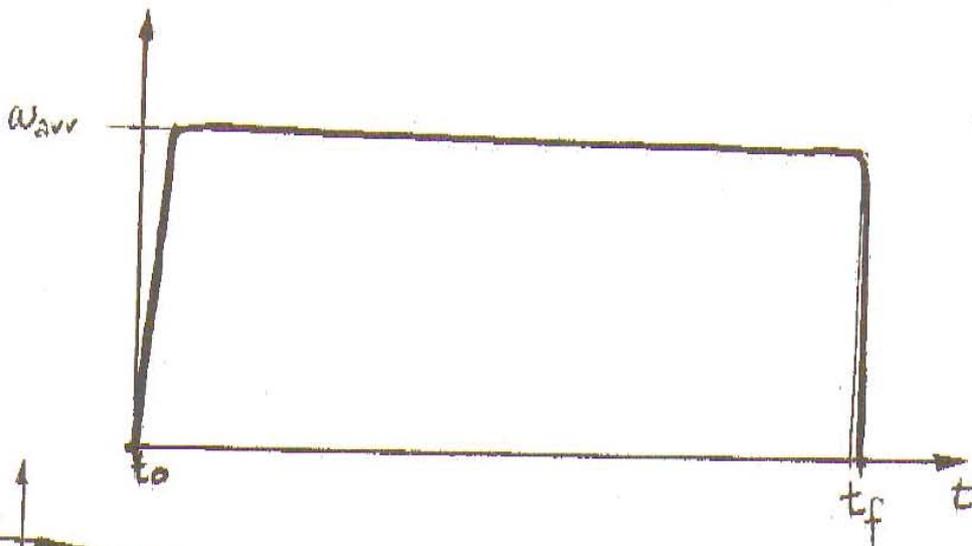


Fig. 1

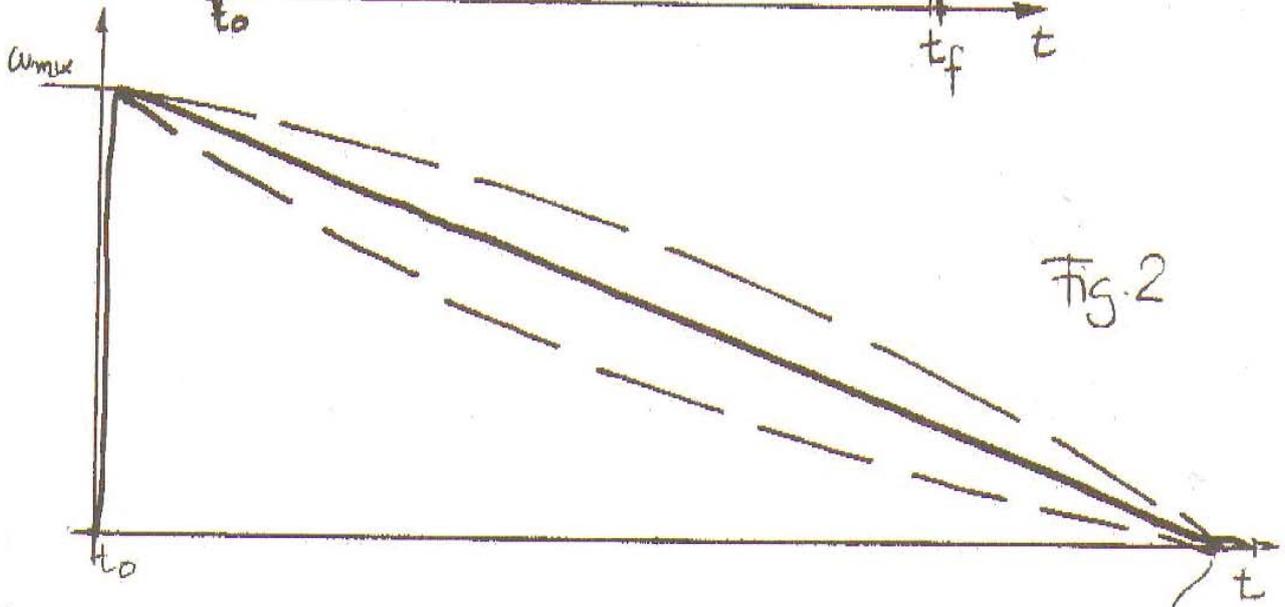


Fig. 2

Comando maestro

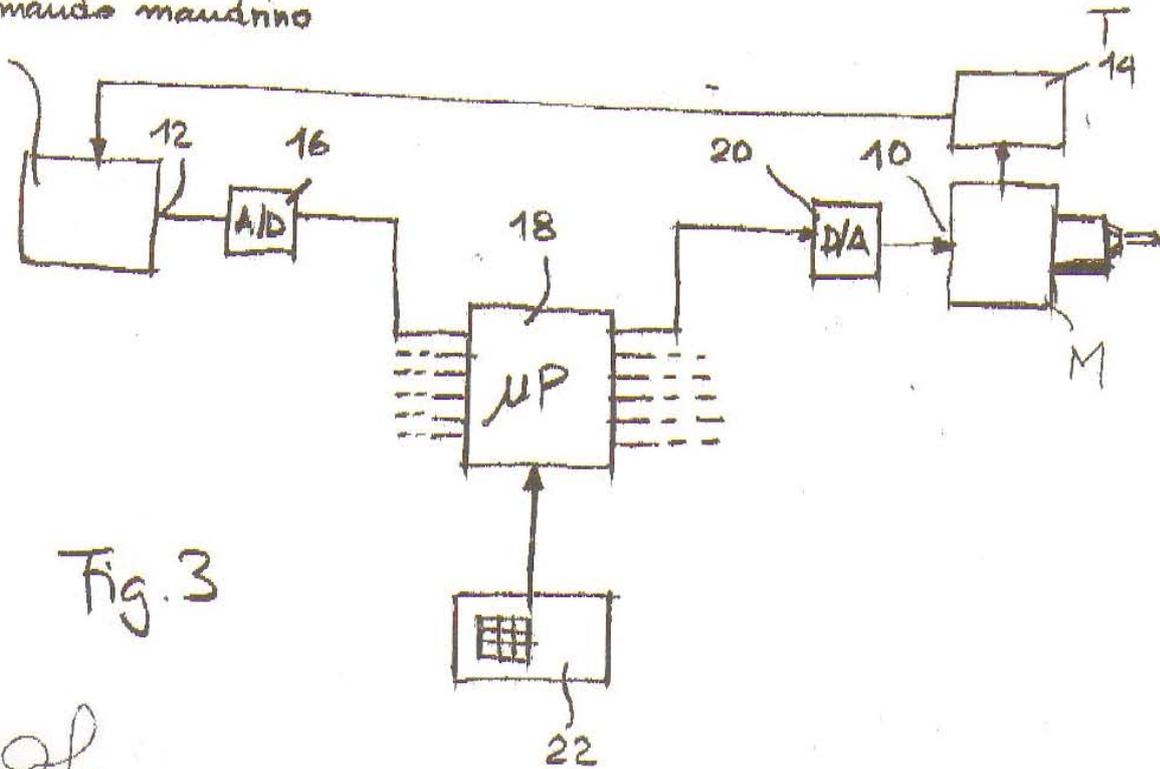


Fig. 3

h-9f