

Oltre i limiti dei centri e dei transfer

Un costruttore italiano ha presentato un'importante novità concettuale nel campo dei centri di lavoro e delle celle di alto livello:

una macchina a 5 assi veramente "da produzione", poiché unisce la gran flessibilità di un centro di lavoro con l'alta produttività di un transfer

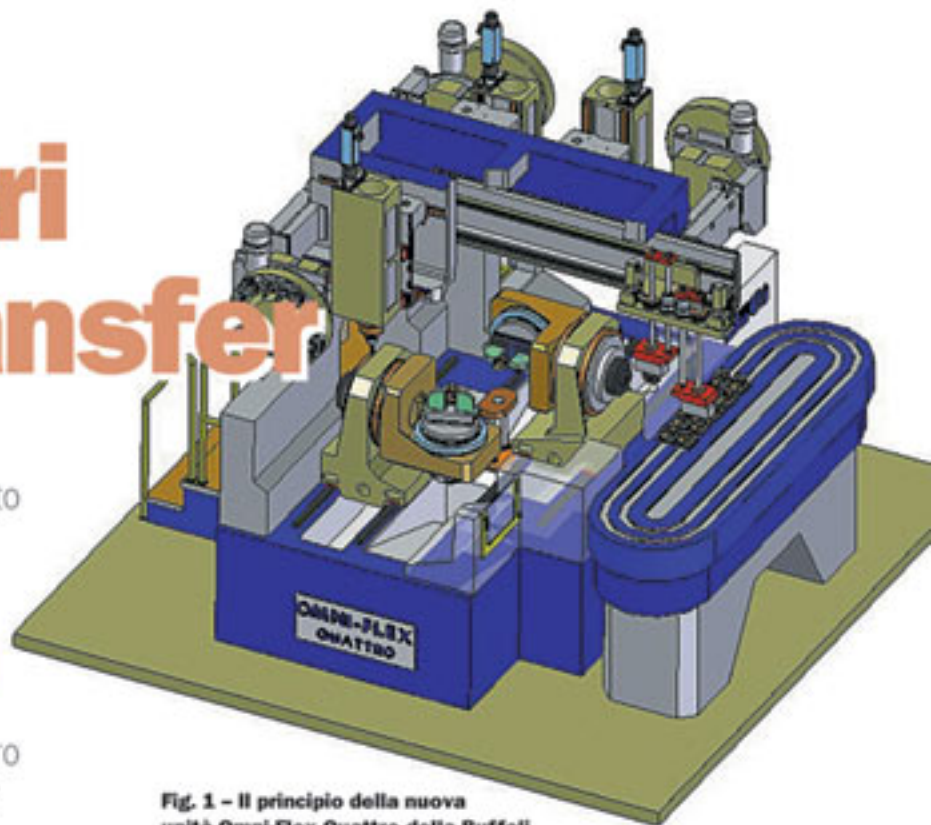


Fig. 1 - Il principio della nuova unità Omni-Flex Quattro della Buffoli Transfer. Si tratta di un originale ed esclusivo doppio centro di lavoro 2 x 5 assi, 2 + 2 mandrini, in grado di lavorare un pezzo su tutte le sue facce con ogni inclinazione. Dotato di 4 elettromandrini (25 kW, 12.000 giri/min, 60 Nm) e di 80 utensili, esso permette di lavorare pezzi complicati compresi in un volume di 300 x 300 x 250 mm, con tempi-ciclo contenuti.

Le grandi possibilità - flessibilità, capacità di lavorare pezzi molto complessi, fino alle superfici sculturate - tipiche dei centri di lavoro più evoluti sono preziose in molte applicazioni. Tali macchine, impiegate prevalentemente nella stampistica, non sono utilizzabili in modo economico nella vera "produzione", ad esempio in quella di componentistica meccanica di precisione che, d'altra parte, rappresenta un settore importantissimo dell'industria meccanica. Sugli odierni centri a 5 assi, infatti, non si possono realizzare tempi-ciclo confrontabili con quelli delle macchine tradizionalmente impiegate nelle forti produzioni. La grande flessibilità dei 5 assi viene pagata, infatti, con una forte incidenza dei tempi passivi, in particolare dei tempi di cambio utensile, che riducono la produttività. Sui centri di lavoro (a 3 o 4 assi) è comune oviare a questo inconveniente con l'attrezzaggio su "cubi", ciascuno dei quali accoglie più pezzi: in questo caso uno stesso utensile esegue la propria lavorazione su tutti i pezzi del cubo, per cui l'incidenza del cambio utensile risulta ridotta. Ciò comporta però attrezzature costose (i "cubi" stessi con relativi dispositivi di centraggio e serraggio) ma, soprattutto, comporta un tempo significativo di messa a punto dell'attrezzatura. Inoltre l'attrezzamento su "cubi" non

consente l'accesso a tutte le facce del pezzo e complica il posizionamento dei pezzi secondo qualunque angolazione rispetto al mandrino (cosa che è l'elemento caratterizzante di un centro a 5 assi).

La flessibilità di un centro, la produttività di un transfer

Un'innovazione concettuale introdotta (e brevettata) dall'italiana Buffoli Transfer S.p.A. (Brescia) modifica profondamente questo stato di cose, e unisce in una nuova macchina la flessibilità di un centro di lavoro a 5 assi e una produttività prossima a quella di un transfer, risultando particolarmente idonea per produzioni just in time di pezzi complessi da produrre in piccole o medie serie, ma con tempi-ciclo contenuti.

Dice Francesco Buffoli, direttore marketing dell'Azienda: «Abbiamo combinato due centri di lavoro a 5 assi assai rapidi, ciascuno dotato di due mandrini verticali, ottenendo una mac-



Fig. 2 - Panoramica della nuova Omni-Flex Quattro Buffoli con caricatore di pezzi pallettizzati. Il campo di lavoro utile di 300 x 300 x 250 mm consente la lavorazione di pezzi di dimensioni da piccole a medie, ossia quelli che più di frequente si incontrano nella componentistica meccanica.

china – una cella flessibile di produzione – con caratteristiche uniche, particolarmente indicata per la lavorazione di componentistica complessa, di precisione, per le industrie automobilistica e aerospaziale ma anche per la subfornitura impegnativa». Lo schema di figura 1 mette bene in evidenza la struttura della nuova macchina, denominata "Omni-Flex Quattro" a sottolineare la sua natura di unità universale, flessibile e dotata di quattro mandrini di lavoro (quindi altamente produttiva). Si tratta di un doppio centro di lavoro a 5 assi con caricamento automatico, in grado di effettuare lavorazioni con quattro mandrini su direzioni comunque inclinate. La macchina permette di lavorare ad alta velocità qualunque geometria e configurazione di pezzi compresi in un volume d'ingombro di 300 x 300 x 250 mm, inclusi pezzi lavorati su tutte le 6 facce in un unico attrezzamento.

Grazie ai 4 mandrini e ad 80 utensili suddivisi in 4 magazzini (ciascuno di 20 utensili preposto a ciascun mandrino), la mac-

china è in grado di lavorare pezzi complessi con tempi ciclo assai contenuti, tenuto conto che si tratta di una macchina universale (in opzione la macchina può essere dotata di 4 magazzini da 32 posti per un totale di 128 utensili).

Un suo aspetto di importanza determinante è rappresentato dai 2 dispositivi di serraggio universali rotanti e basculanti ("rototiltanti"), di minimo ingombro e alta velocità grazie ai motori ad azionamento diretto (motori lineari rotativi, altresì detti "motori coppia"). Questi consentono posizionamenti angolari continui (360.000 posizioni sull'asse rotante per 360° e 240.000 posizioni sull'asse basculante di $\pm 125^\circ$), con velocità di rotazione di 180° in soli 0,5 secondi e precisione di posizionamento pari a $\pm 0,0005^\circ$. Questa innovativa tecnologia permette posizionamenti estremamente rapidi e precisi nelle tre dimensioni. Da notare che ogni singolo asse di rotazione è provvisto di un dispositivo di frenatura idraulico ad azionamento elettronico, che garantisce la precisione della posizione

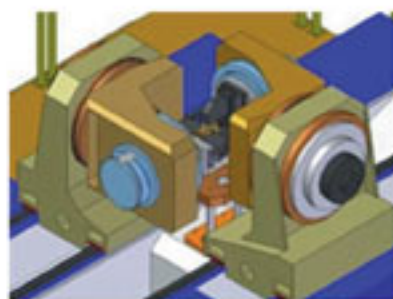


Fig. 3 - Dettaglio 3D dei due dispositivi rototiltanti per il serraggio pezzi mentre si scambiano il pezzo in lavorazione, per permettere la lavorazione della 6ª faccia.

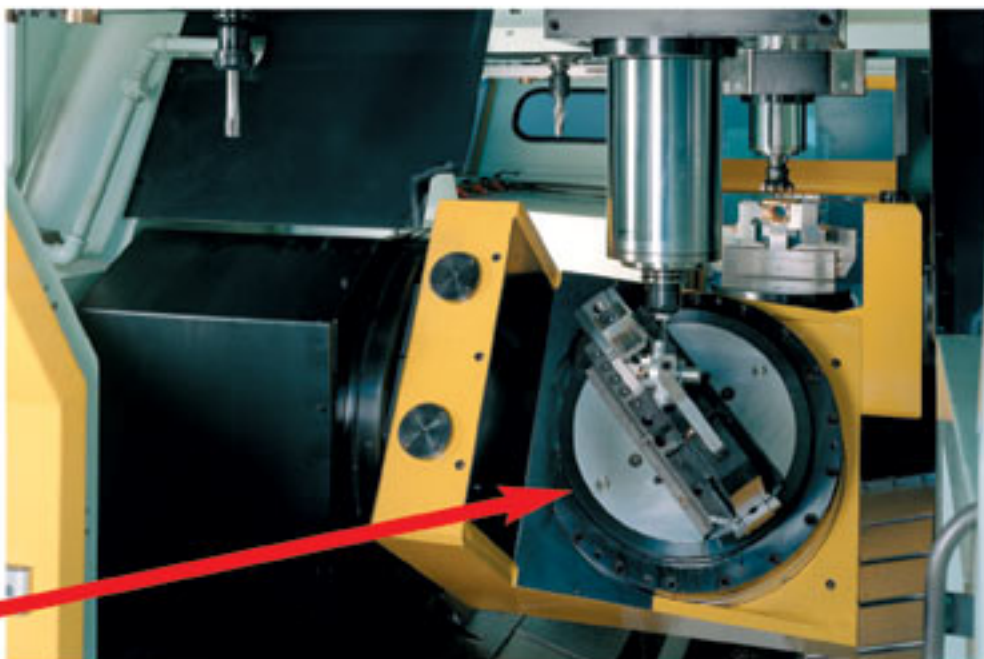


Fig. 4 - I dispositivi rototiltanti, anziché con morse ad azionamento automatico, possono essere dotati di sistemi speciali di serraggio pezzi anch'essi automatici o manuali, cosa che aumenta ulteriormente la flessibilità della macchina.

richiesta anche quando l'asse è sottoposto a forti spinte tangenziali. Previste varianti della macchina possono consentire velocità di rotazione di 1.000 o 2.500 giri/min sull'asse porta-pezzo, per torniture ancora più produttive.

La figura 2 mostra una panoramica della macchina nella versione con caricatore di pezzi pallettizzati. Costruttivamente, la macchina Omni-Flex Quattro è divisa in due sezioni distinte e indipendenti, ma operanti in sincronia sotto controllo del CNC. Le due sezioni sono unite fisicamente, ma possono operare anche separatamente l'una dall'altra: la macchina può quindi

essere considerata come una cella composta di due centri di lavoro separati, sui quali è possibile lavorare contemporaneamente due pezzi uguali oppure due pezzi diversi, oppure ancora uno stesso pezzo eseguendo una parte delle operazioni su una sezione della macchina e una parte delle operazioni sull'altra sezione. I due dispositivi di serraggio possono infatti operare indipendentemente l'uno dall'altro, consentendo doppia produzione (lavorazione di due pezzi identici per volta o di 2 pezzi diversi), oppure possono scambiarsi automaticamente il pezzo dall'uno all'altro, sotto preciso controllo del cnc, per permettere così la lavorazione completa del pezzo stesso anche sulle facce nascoste (sesto lato, rivolto verso il serraggio, o altre facce occultate dal serraggio). Il tutto in lavorazione non presidiata, e in modo da fornire un pezzo finito, anche della massima complessità, con un solo attrezzamento.

La figura 3 mostra un dettaglio dei due dispositivi rototiltanti di serraggio pezzi: questi rappresentano un aspetto originale e tecnicamente rilevante del nuovo concetto Buffoli che ispira questa macchina. La figura 4 ne mostra i sistemi di serraggio, mentre la fig. 5 ne evidenzia le possibili funzioni. Dotabili di dispositivi automatici di serraggio, che possono essere sincronizzati al fine di scambiarsi il pezzo (analogamente a quanto avviene per esempio nei torni bimandrino), questi rendono possibile - come detto - la lavorazione completa del pezzo su 6 facce, anche su quella lato serraggio (vedi fig. 3). Questa particolarità - comune in altri tipi di macchina ma sconosciuta nei centri di lavoro - è esclusiva della nuova Omni-Flex Quattro e risponde a un brevetto Buffoli.

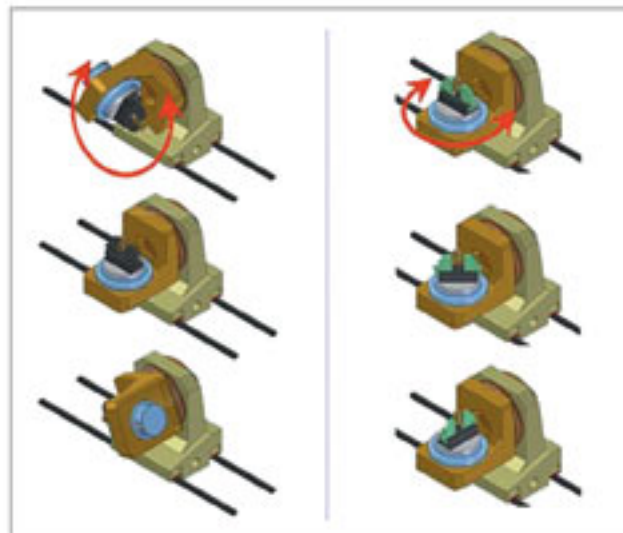


Fig. 5 - Le numerose funzioni dei due dispositivi rototiltanti della nuova macchina.

Questi dispositivi di serraggio rototiltanti sono stati progettati per accogliere differenti sistemi di serraggio: rimuovendo le morse autocentranti si possono montare dispositivi speciali provvisti di carrelli di serraggio ad azionamento separato, per effettuare prima un pre-posizionamento del pezzo e, successivamente, uno staffaggio di precisione, come visibile in figura 4. Allo scopo sono stati previsti più passaggi idraulici, oltre a quelli sfruttati per le morse autocentranti. Si tratta quindi di un sistema di serraggio molto flessibile, come si rileva anche dalla figura 5 che prospetta i possibili assetti dei due dispositivi.

Come anticipato, su questi due originalissimi sistemi rototiltanti di serraggio operano quattro mandrini portautensili verticali (2 per ciascuno dei 2 centri di lavoro costituenti la macchina): ne deriva una macchina quadrimandrino ad alta velocità per la produzione di pezzi complessi lavorabili su 5 o 6 facce.

Essendo dotata di 4 mandrini, questa risulta produttiva quasi quanto un moderno transfer flessibile a torrette revolver, offrendo però una flessibilità addirittura superiore a quella dei centri di lavoro classici, grazie all'eliminazione dei cubi di staffaggio, alla possibilità di lavorare tutte le facce del pezzo e alla possibilità di adottare differenti sistemi di serraggio, fra i quali le morse autocentranti tipiche dei transfer e in grado di orientare il pezzo secondo qualunque angolazione, in continuo.

L'impiego di due mandrini per ciascuna porzione di macchina risponde all'esigenza di minimizzare l'incidenza dei cambi utensile sui tempi-ciclo, senza dover ricorrere all'attrezzamento su "cubi" dei quali abbiamo già evidenziato gli inconvenienti e l'inadeguatezza all'impiego su centri a 5 assi. In tal modo, mentre un mandrino è in lavorazione l'altro effettua il cambio dell'utensile.

Questa lavorazione "pendolare" fra i due mandrini consente di non superare mai i due secondi di tempo da truciolo a truciolo fra un'operazione e la successiva, senza peraltro sottoporre gli organi meccanici ad un eccessivo stress operativo.

Soluzioni insolite ed efficaci

I quattro mandrini portautensili sono a loro volta originali e di costruzione insolita: ognuno comprende una slitta verticale a sezione quadra, nella quale scorre un canotto idrostatico con elettromandrino integrato. L'asse Z di ciascun mandrino verticale è quindi "sdoppiato" con corsa di 400 mm (slittone) + 250 mm (cannotto), per un totale di 650 mm e una velocità risultante di 60 m/min. Il canotto, che è a sostentamento idrostatico e quindi particolarmente rigido e preciso, ha un diametro d'ingombro relativamente piccolo, al fine di potersi meglio avvicinare al pezzo e superare gli ostacoli creati dalle

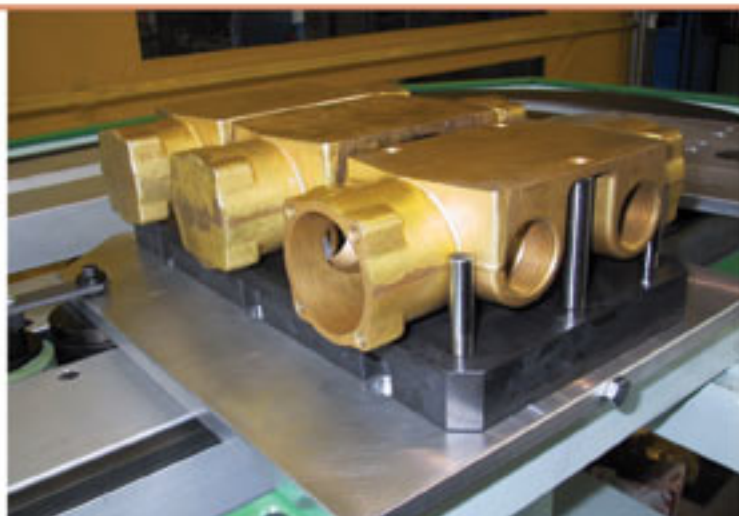


Fig. 6 - Esempio di pezzo lavorato completamente in un solo posizionamento sulla nuova macchina: si tratta di un corpo di elettrovalvola in ottone (220x100x60mm), da stampato, completato dal pieno in soltanto 2 minuti senza impiego di utensili speciali e con riduzione al minimo di bave.

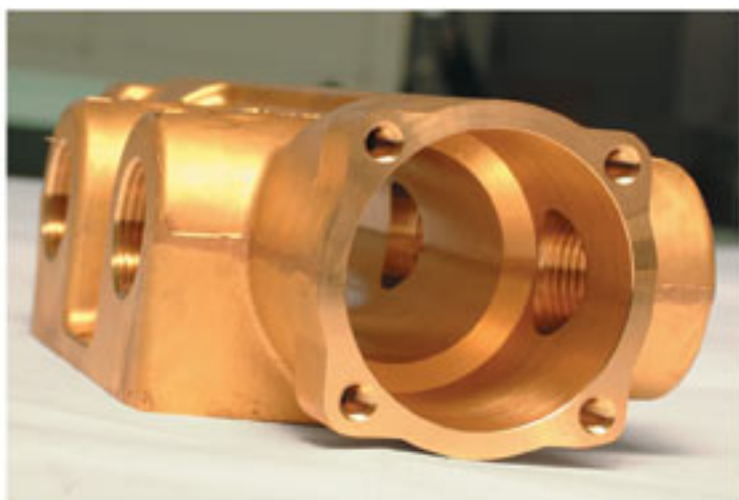


Fig. 7 - Un'altra vista del pezzo di figura 6.

attrezzature di serraggio. Questo sempre con lo scopo dichiarato di consentire la lavorazione di pezzi con geometrie complesse. I mandrini meritano un cenno speciale anche per la loro motorizzazione, basata su motori brushless. Si tratta, infatti, di elettromandri sincroni (anziché asincroni, come d'uso) che consentono di esprimere la cospicua potenza di 25 kW e la notevole coppia di 56 Nm costante a 4.300 giri/min (dati forniti in S1, ovvero al 100% di utilizzo), con tempi di soltanto 0,2 secondi per l'accelerazione da 0 a 12.000 giri/min; inoltre generano meno calore, limitando i fenomeni di dilatazione termica. La macchina può però essere dotata di elettromandri con velocità di rotazione più elevate (es. 20.000 giri/min, 24 kW con 80 Nm di coppia), oppure può ricevere motorizzazioni differenti per i due mandrini che operano sullo stesso pezzo, per esempio un mandrino con motore veloce e minor coppia (per finiture ad alta velocità) e l'altro mandrino con motore meno veloce ma maggior coppia (per sgrassature impegnati-



Fig. 8 - Altro esempio di pezzo lavorato sulla nuova macchina (grezzo a sinistra, finito a destra).



Fig. 9 - Un'altra vista del pezzo di figura 8.

ve). Notevoli anche le prestazioni generali ottenute grazie al sistema "vite fissa e chiocciola rotante" adottato per gli assi X e Y, sistema che consente maggior stabilità dinamica, ossia limitazione dei fenomeni vibratorii; gli avanzamenti rapidi sugli assi sono di 60 m/min, con accelerazioni di 10 m/s² (1 g). L'utilizzo di motori coppia (per gli assi di rotazione dei dispositivi rototiltanti di serraggio pezzi) ha posto il problema del raffreddamento, che è stato risolto drasticamente con un impianto refrigerante di grande potenza, che provvede altresì al condizionamento termico delle viti a sfere e dei quattro mandrini. Ma, in realtà, è l'intera struttura ad essere termostabilizzata a vantaggio della costanza di precisione dimensionale e geometrica. Menzione speciale merita il cnc, di originale concezione e di produzione Buffoli: realizzato oltre 12 anni fa e continuamente perfezionato, è un cnc proprietario, multiprocessore, progettato specificamente per controllare e gestire in modo efficiente e veloce più operazioni complesse che si svolgono in parallelo. Si tratta della versione "full digital" del cnc Buffoli Winflex, caratterizzato da comunicazione completamente digitale tra motorizzazioni e cnc, capace di altissima velocità nello scambio di dati e nell'elaborazione di traiettorie. È espandibile, garantito cinque anni e offre una programmazione estremamente semplice, che non richiede all'operatore alcuna conoscenza specifica, inoltre riduce drasticamente le possibilità di errori nella programmazione. Per talune applicazioni integra sistemi di monitoraggio utensili in tempo reale, sistemi che, cento volte al secondo, rilevano lo stato di usura dei singoli utensili. Si tratta di un'apparecchiatura che permette una gestione d'altissima efficacia degli stessi utensili, ne evita la rottura e salvaguarda dalla produzione di pezzi "fuori tolleranza" a causa dell'usura. Sono così poste le basi per la vera produzione non presidiata con totale certezza di costanza della qualità.

Molteplici possibilità di lavoro

Omni-Flex Quattro è dunque una cella flessibile con capacità di lavoro universali nel campo dell'asportazione di truciolo: oltre alla fresatura, può infatti eseguire forature, filettature con utensile (dirette o in interpolazione), maschiature e anche torniture a pezzo rotante grazie ai citati assi rotativi integrati nei dispositivi rototiltanti. Un'ulteriore versione permette addirittura la tornitura a pezzo fisso con impiego di teste a recesso Buffoli di alta precisione, in questo caso con velocità fino a 3.000 giri/min. Pur trattandosi di macchina estremamente versatile, permette volumi di produzione che si avvicinano a quelli dei transfer flessibili con torrette revolver, soprattutto grazie

alla riduzione al minimo dei tempi passivi e alla velocità permessa dai motori coppia, garantendo altresì maggiore rigidità e precisione nelle lavorazioni. Le figure da 6 a 10 mostrano esempi di pezzi lavorati completamente su questa macchina. Il pezzo rappresentato nelle figure 6 e 7 (un corpo di elettrovalvola in ottone speciale stampato), presenta un disegno interno con vari diametri da lavorare con precisione e a basse rugosità, attacchi filettati diametro 3/4"-1" (filettatura conica) e varie fresature in piano.

Questo viene lavorato completamente in soltanto 120 secondi, con riduzione al minimo delle bave, prestazione notevole se si considera che non vengono impiegati utensili speciali, che il grezzo è stampato pieno e presenta sovrametalli relativamente forti (il grezzo pesa kg. 7, il finito kg. 3,5) e che i fori filettati conici (1" NPT) vengono generati mediante maschiatura, grazie alla forte coppia disponibile al mandrino anche alle basse velocità di rotazione richieste dall'operazione. Il pezzo delle figure 8 e 9 costituisce un altro esempio notevole: di alluminio, con sagomatura particolarmente complessa e disegno interno assai complicato, presenta tra altro una filettatura generata per interpolazione (fresa a filettare) e viene completato in soltanto 73 secondi. Il caricamento della macchina può essere effettuato con differenti modalità: in figura 2 si vede la macchina nella versione con caricatore di pezzi pallettizzati (dettaglio pezzi pallettizzati in figura 11). In questo caso il caricamento dei pezzi sui pallet è manuale. In alternativa, e per piccolissimi lotti, il caricamento può essere effettuato a mano direttamente in macchina, oppure si può utilizzare un robot di posizionamento che sostituisce l'operatore. Vi è quindi un'ampia gamma di unità periferiche, alle quali la macchina si presta perfettamente e che ne esprimono l'estrema flessibilità. Queste permettono di sfruttare al meglio la produttività, non soltanto con minori tempi di lavorazione e costi inferiori, bensì anche con possibilità di produzione a lotti molto piccoli in tempi brevi e certi. Quest'ultimo aspetto, in particolare, è il presupposto fondamentale della produzione "just-in-time" per la quale la nuova Omni-Flex Quattro appare uno strumento molto efficace.

Con questa innovativa macchina vengono superati contemporaneamente i limiti dei centri di lavoro e delle macchine transfer: i vantaggi dei due tipi di macchina sono qui combinati in modo da mettere la tipica flessibilità dei centri di lavoro a 5 assi a disposizione della "produzione" di componentistica complessa e di precisione, che può quindi avvenire con tempi-ciclo prossimi a quelli dei transfer.



Fig. 10 - Un pezzo complesso, lavorato completamente sulla nuova macchina in un solo ciclo.



Fig. 11 - Dettaglio di pezzi pallettizzati sullo speciale sistema di caricamento automatico del quale la nuova macchina può essere dotata.