

Abbattimento di tempi e costi, massima produttività e redditività: sono gli obiettivi della Makino per la produzione di pezzi cubici con i centri di lavoro orizzontale a1. Alcune applicazioni, sviluppate da Makino Italia, sono per impieghi di qualità invariata, 24 ore al giorno, 7 giorni su 7



I centri di lavoro orizzontale a1, della Makino.

Alta qualità al minor costo

Nei centri di lavoro orizzontali eccelle Makino. L'azienda giapponese, con quartier generale e stabilimenti a Tokio, ha una forte presenza, oltre che nell'estremo oriente con sedi distribuite in tutta l'Asia, anche negli USA e in Europa. La sua tipica produzione comprende pure centri di lavoro verticali e macchine d'elettroerosione, sia a filo che a tuffo.

In particolare essa ha sviluppato la linea dei centri di lavoro orizzontali a1. "È una gamma - affermano alla Makino Italia - finalizzata all'abbattimento



La struttura di un centro di lavoro orizzontale a1.

Modello macchina		a51	a61	a71	a81
Dimensioni tavola	mm	400x400	500x500	500x500	630x630
Dim. pezzo lavorabile (diam. X altezza)	mm	ø630x h 900	ø800x h 1000	ø800x h 1000	ø1000x h 1300
Corse assi: X Y Z	mm	560 x 560 x 600	730 x 650 x 730	730 x 730 x 800	900 x 800 x 1020
Ripetibilità posizionamento VDI3441	µm	5	5	7	7
Velocità assi	m/min	50	50	50	60
Accelerazione assi	m/s ²	6	6	6	6
Velocità rotazione mandrino	giri/min	12000/20000	12000/20000	10000	8000/10000
Potenza mandrino	kW	18,5/22	18,5/22	22/30	22/30/37
Tempo cambio utensili truciolo-truciolo	s	2,3	2,3	3,5	3,5

I principali dati tecnici dei centri di lavoro orizzontale a51, a61, a71 e a81.



Lavorazione di un corpo pompa d'alluminio per applicazioni automobilistiche, con un centro di lavoro a51.

dei costi, fermo restando l'indiscussa precisione e qualità tipica della Makino". L'obiettivo è di far fronte, nella produzione di pezzi cubici, alla crescente esigenza di produttività e redditività delle officine meccaniche: sono macchine realizzate per rispondere ai massimi requisiti, in produzioni continue, 24 ore al giorno e 7 giorni su 7. Si tratta anche di strumenti collaudati e affidabili: la serie a1, iniziata nel 2001, è stata continuamente migliorata, nei parametri di velocità, nella riduzione dei tempi morti e passivi, nell'affidabilità e nella semplicità di manutenzione. "I costi di manutenzione -raccontano alla Makino Italia- sono oggi dimezzati rispetto a 5 anni fa. E ciò anche a confronto della precedente linea Ae, nota per la sua affidabilità e precisione, della quale sono attualmente operative oltre 8000 macchine".

RAMPE D'ACCELERAZIONE CHE ELEVANO LA PRODUTTIVITÀ

La serie a1 si compone di 4 modelli: a51, a61, a71 e a81, i cui principali dati tecnici sono riportati in tabella.

Sono macchine a 4 o a 5 assi: ai 3 lineari X, Y e Z e al 4° circolare B con rotazione di 360° si può aggiungere un 5°asse C rotativo continuo con escursione da -60° a +150°, per la lavorazione di pezzi su più facce e di parti con forme complesse.

La loro concezione strutturale è finalizzata all'elevata precisione geometrica dei pezzi finiti. La struttura di base è per questo di ghisa, rigida e termicamente stabile, col bancale appoggiato al suolo su 3 punti. Essa è pesante, ma supporta parti in movimento di bassa inerzia, per alta rigidità e precisione ma anche per elevate velocità e accelerazioni. Una particolarità sono le guide di scorrimento dell'asse X, che sono a 2 altezze differenti, a formare un gradino: l'obiettivo è grande precisione su tutta la corsa degli assi X e Y.

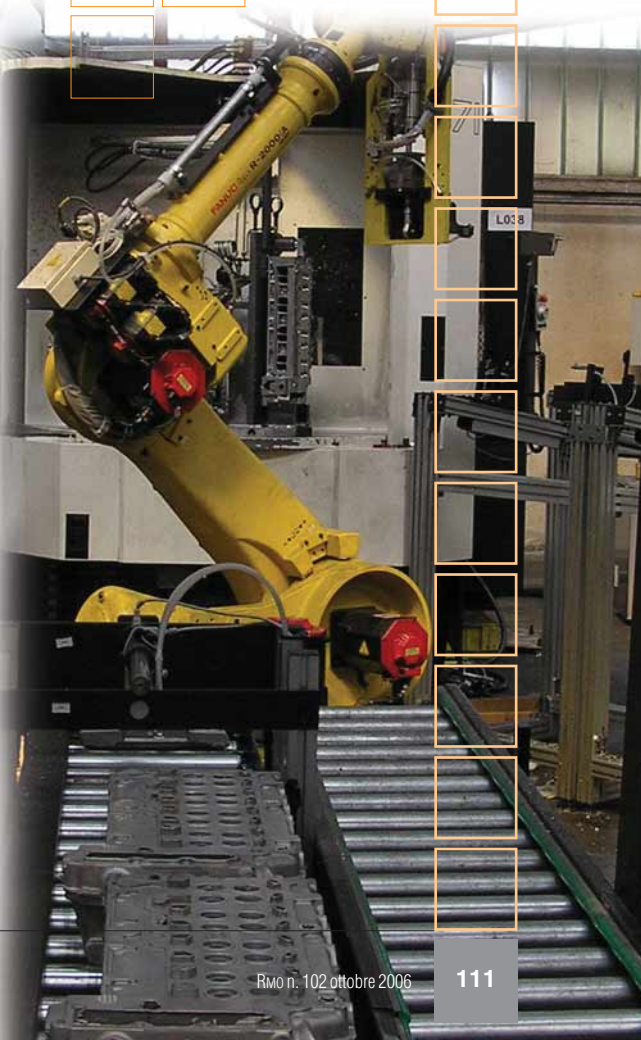
Di fondamentale importanza è, qui, il mandrino: la ridotta massa in movimento della sua struttura portante non va a discapito di rigidità, precisione e smorzamento delle vibrazioni. Quanto, poi, alla meccanica degli spostamenti lineari, il calore sviluppato all'interno, negli avanzamenti ad alta velocità, dalle viti a ricircolo di sfere, è eliminato con la circolazione d'olio refrigerante, termoregolato in base alla temperatura del basamen-

to. Invece il possibile surriscaldamento termico del mandrino è compensato, secondo l'asse Z, con un sistema di raffreddamento basato su una curva sperimentale.

In base alle informazioni fornite dalla casa costruttrice, per i modelli a51 e a61 sono ottenute ripetibilità di posizionamento P, secondo VDI3441, di 5 µm e, nell'esecuzione di superfici e forature su pezzi prismatici, si contengono gli errori di parallelismo tra 2 facce adiacenti entro 1,4 µm, di planarità delle facce in 1,3 µm, di concentricità e rotondità dei fori in 2,5 µm. Per i 2 modelli di dimensioni maggiori la ripetibilità di posizionamento P è indicata pari a 7 µm.

Secondo i tecnici della Makino le macchine della serie a1 lavorano ad alta asportazione, armonicamente e con estrema precisione, e a ciò concorrono sia la costruzione meticolosa sia prestazioni di base eccezionali. Alte produttività sono ottenute con avanzamenti rapidi a 50 e a 60 m/min

Lavorazione della testa di un motore a 4 cilindri, con centri di lavoro a61 e a71.





Utensili 'Smart Tool' impiegati sui centri di lavoro a1.

e con accelerazioni di 6 m/s^2 . Ma, ancor più, con rampe d'accelerazione che riducono tempi e spazi occorrenti a pervenire ai massimi valori cinematici. Dall'istante in cui arriva il segnale dal CNC a quello in cui sono raggiunti i valori massimi secondo gli assi lineari sono compiute corse inferiori a 50 mm, mentre di solito sono necessari 150÷200 mm. Da qui il taglio di tutti i tempi passivi.

Allo stesso risultato concorrono l'elettromandrino e il veloce sistema di cambio utensile. L'elettromandrino standard accelera fino a raggiungere, nei modelli a51 e a61, 12000 giri/min in 0,8 s: ciò significa, anche qui, eliminazione dei tempi passivi. Quanto, poi, al dispositivo di cambio utensile, effettua il cambio truciolo-truciolo in 2,3 s effettivi: in

questo tempo, partendo dalla fase di lavorazione del mandrino in rotazione a 12000 giri/min, si esegue il cambio utensile e il ritorno in lavorazione a 12000 giri/min.

TUTTO PER L'ABBATTIMENTO DEI TEMPI DI CICLO

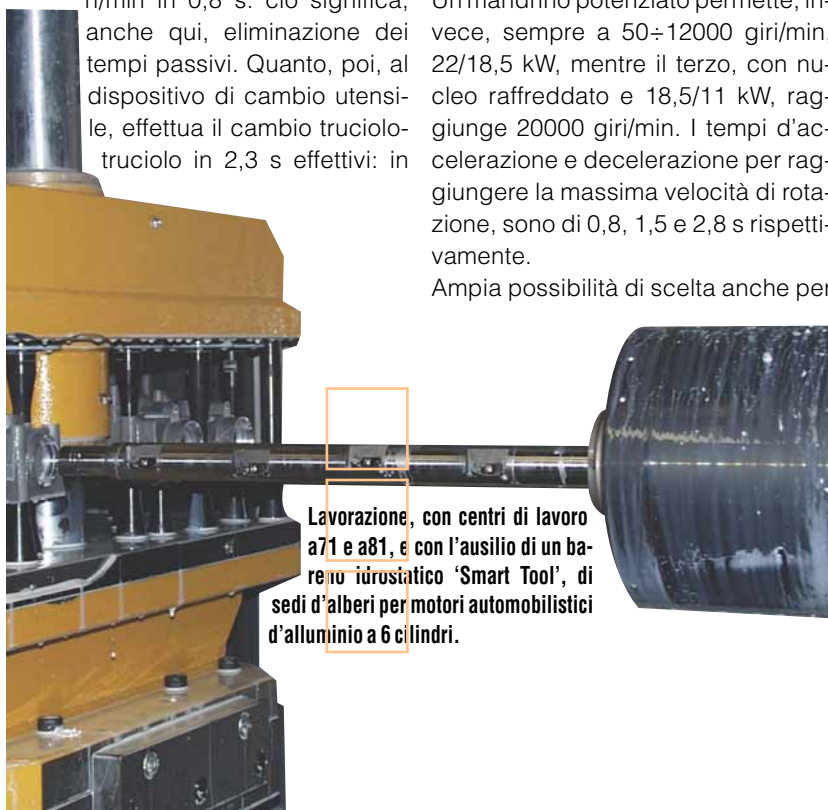
L'elettromandrino, cuore dei centri di lavoro e chiave dell'alta velocità, è prodotto e brevettato dalla stessa Makino. Per i 2 modelli più piccoli a51 e a61 sono disponibili 3 tipi d'elettromandrino, con cono portautensili HSK-A63 o ISO40. Quello standard sviluppa 15 kW a $50 \div 12000$ giri/min. Un mandrino potenziato permette, invece, sempre a $50 \div 12000$ giri/min, 22/18,5 kW, mentre il terzo, con nucleo raffreddato e 18,5/11 kW, raggiunge 20000 giri/min. I tempi d'accelerazione e decelerazione per raggiungere la massima velocità di rotazione, sono di 0,8, 1,5 e 2,8 s rispettivamente.

Ampia possibilità di scelta anche per

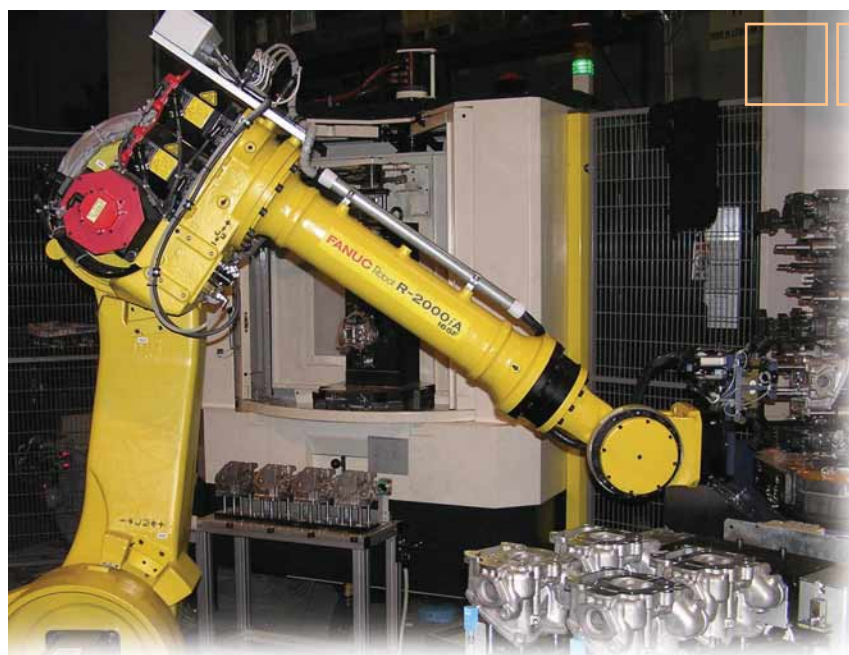
i 2 modelli di taglia superiore: i centri a71 e a81 possono essere equipaggiati con 4 tipi di mandrino. Il mandrino standard, di cono HSK-A100, sviluppa 35/25 kW a $20 \div 10000$ giri/min. È poi disponibile un elettromandrino ad alta accelerazione, con 22/18,5 kW a $50 \div 10000$ giri/min: 5000 giri/min sono raggiunti in 0,8 s e la massima velocità è ottenuta in solo 2,4 s. Un mandrino potenziato, con rotore refrigerato, sviluppa 20000 giri/min con 55/50 kW ed è indicato per lavorazioni di materiali aeronautici quali inconel, titanio e superleghe. Uno ad alta coppia, di 1000/504 Nm, mette, invece, a disposizione 37/30 kW a $20 \div 8000$ giri/min: forti asportazioni di ghisa e acciaio sono per esso d'impiego normale. "È significativo – evidenziano alla Makino Italia - che, per la serie a81, potenze di 35 kW e coppie di 1000 Nm si hanno anche a bassi numeri di giri, dell'ordine dei 200 giri/min: sono valori disponibili normalmente solo con mandrini di tipo meccanico a $4000 \div 6000$ giri/min, che presentano tempi d'accelerazione molto più lunghi e subiscono maggiori dilatazioni termiche in lavorazione".

Altri accorgimenti e dispositivi particolari aumentano la velocità di lavorazione della serie a1. Nell'operazione di maschiatura, ad esempio, grazie anche alle caratteristiche del sistema di gestione, è segnalato il ritorno dell'utensile a una velocità che è 3 volte maggiore di quella d'ingresso. Le varie fasi di movimentazione degli assi lineari e della tavola girevole, poi, avvengono non in maniera sequenziale ma in parallelo. Se, per esempio, occorre un cambio utensile con la tavola a 180° , tutti e 4 gli assi si muovono contemporaneamente, secondo la traiettoria più breve: si evita così di spostare il singolo asse in modo sequenziale, più lento.

La tavola, con angolo di posizionamento minimo di 1° , si sposta anch'essa molto velocemente. Secondo il modello di centri di lavoro essa è posizionabile a 90° in tempi da 1,4 a 1,7 s e a 180° da 1,7 a 2,2 s. È anche



Lavorazione, con centri di lavoro a71 e a81, e con l'ausilio di un barile idrostatico 'Smart Tool', di sedi d'alberi per motori automobilistici d'alluminio a 6 cilindri.



Impianto per la lavorazione di teste monocilindriche di motori per motocicli, basato sui centri di lavoro a1.

disponibile una tavola continua, con angolo di posizionamento minimo di 0,001°: i tempi sono di 1,2÷1,3 s a 90° e di 1,5÷1,7 s a 180°. A completare il corredo standard degli a1 c'è, poi, un rapido cambio pallet, con l'interfaccia predisposta all'automazione, per interfacciarsi sia a un sistema a navetta di trasporto pallet che a robot per il carico e scarico del pezzo, da attrezzature idrauliche. Ogni centro di lavoro è dotato di un dispositivo di scarico dei trucioli e filtrazione del refrigerante a 40 µm, di tipo autopulente e con filtro ecologico.

Il pallet si posiziona, con grande accuratezza, su 4 coni rastremati, ognuno dei quali incorpora un meccanismo di bloccaggio: ne deriva, secondo il modello, una forza totale di 4,6, 9,6, 10 e 10 t. Makino pone grande attenzione ai sistemi di movimentazione dei pallet: tutti i centri a1 possono essere configurati con un sistema palletizzato circolare, a margherita o lineare su 1, 2 o 3 livelli, per formare celle di produzione o linee FMS.

Fondamentale è pure il sistema di gestione: gli a1 montano CNC della Fanuc, ma con un'interfaccia uomo-macchina messa a punto dalla stessa Makino. In tal modo i CNC, oltre a gestire le normali logiche operative, sviluppano funzioni specifiche: il nuovo Makino Professional 5, con interfaccia basata su icone Windows, fornisce velocità d'esecuzione mi-

gliorate rispetto alla precedente versione. È un CNC interfacciabile a CAD/CAM e con funzioni di 'geometria intelligente', in grado di controllare la precisione d'esecuzione dei profili in funzione della lavorazione stessa. "Se, ad esempio, - racconta alla Makino Italia - dev'essere fatta una sgrossatura, nella programmazione si può impiegare un'apposita funzione, finalizzata a ottimizzare la velocità. Se, invece, occorre eseguire il profilo di una camma o la finitura di un contorno, si può ricorrere a un'altra funzione, che privilegia la precisione d'esecuzione. Ciò avviene con l'aumento del numero di blocchi di pre-lettura e con controlli che necessitano di ridotti spazi temporali".

ESEMPI D'APPLICAZIONI

Gli impieghi tipici della linea a1 vanno dalla fresatura rigida HSC per la costruzione d'utensili e stampi, alla rettifica di pezzi per motori, dalla fresatura ad alta velocità HSC (High Speed Cutting) e di alta potenza HPC (High Power Cutting) per componenti aeronautici, alla produzione, sempre ad alta velocità, di particolari d'alta precisione.

Progetti chiavi in mano

Recentemente la Makino Italia ha fornito, chiavi in mano, vari impianti di produzione basati sui centri di lavoro a1. A partire dal pezzo dell'utente la filiale italiana arriva alla definizione

del ciclo di lavoro e delle sequenze operative, allo studio dell'attrezzatura di bloccaggio del pezzo, all'individuazione degli appositi utensili di taglio, alla fornitura degli stessi: tutto con l'obiettivo di produzioni con tempi ridotti e con qualità certa. Lo studio di un 'Progetto chiavi in mano' può comprendere l'integrazione di un robot, di una macchina lavatrice, di stazioni di sbavatura e d'alimentazione dei pezzi.

Un grosso vantaggio viene dalla casa madre, importante produttore di sistemi di palettizzazione e di movimentazione, impiegati nella progettazione e fornitura di sistemi FMS. I robot, come segnalano alla Makino Italia, sono, spesso ma non necessariamente, della Fanuc. Tra le due aziende c'è una stretta collaborazione: la stessa Fanuc produce, in Giappone, i suoi robot antropomorfi con un sistema flessibile basato su centri di lavoro Makino.

Corpo pompa d'alluminio

Un centro di lavoro a51 è stato adottato, ad esempio, nella lavorazione di un corpo pompa d'alluminio, per turbocompressori di motori auto a benzina. Secondo quanto riferiscono alla Makino Italia l'impianto ha permesso la riduzione del tempo ciclo di circa il 15%. Il numero dei piazzamenti è stato diminuito e, grazie all'estrema stabilità del procedimento, è stato raggiunto un indice di controllo statistico di processo CPK pari a 2. Sono stati, così, abbattuti i costi di controllo, incrementata l'affidabilità del processo di produzione, ridotti i costi di ripresa dei pezzi non conformi, in una produzione con carico e scarico automatico robotizzato. Molto elevati sono i volumi produttivi e, come segnala l'azienda utilizzatrice, là dove di solito occorrono macchine dedicate, con il solo a51 è invece possibile lavorare 3 tipologie di pezzi differenti.

Testa di motore a 4 cilindri

Una seconda, significativa applicazione è, da parte di un altro primario

costruttore per l'industria auto, la lavorazione della testa di un motore a 4 cilindri. L'impianto, fornito da Makino Italia, è basato su 3 centri di lavoro, di cui due a61 e un a71, ed è completo del sistema di alimentazione dei pezzi, con un robot della Fanuc. La lavorazione, sulla testata, comprende sgrossatura e semifinitura. Rispetto ad altri precedenti centri di lavoro è indicato il dimezzamento del tempo di ciclo, con valori CPK pari a 1,67. Al robot sono affidati tutti i compiti di movimentazione. È adibito al prelievo e al posizionamento in macchina dei pezzi grezzi, allo scarico di quelli finiti, all'immersione in un ciclo di lavaggio e, ancora, alla sbavatura e all'invio alla linea d'uscita. Il robot è integrato, complessivamente, a 3 differenti tipi di lavorazioni in successione.

Utensili speciali

Con le macchine della linea a1 si possono utilizzare gli utensili speciali 'Smart Tool', progettati dalla stessa Makino e realizzati da costruttori d'utensileria. Sono concepiti per l'abbinamento con gli a1, in lavorazioni caratterizzate da volumi elevati. L'obiettivo è qui di sostituire, con un unico utensile specifico alloggiato nel magazzino utensili del centro di

lavoro, macchine a trasferta o linee costituite da macchine speciali dedicate. La gamma di prodotto degli 'Smart Tool' comprende barenii idrostatici, frese per rettifiche di piani di blocchi motore di ghisa o d'alluminio, utensili per forature e maschiature effettuate con olio integrale tramite un serbatoio installato a bordo utensile. Esecuzioni di canne cilindriche di blocchi motore, con sgrossatura, semifinitura e una prima rettifica delle canne, sono ottenibili con un unico utensile.

Lavorazione di sedi d'alberi

Un'interessante applicazione, con un barenno idrostatico 'intelligente', è proprio la lavorazione di sedi d'alberi, per motori automobilistici d'alluminio a 6 cilindri. Gli a1 eseguono qui la lavorazione completa, in 4 piazzamenti. Nella progettazione dell'impianto la stessa Makino Italia ha inserito un suo speciale barenno, caratterizzato dalla sostentazione tramite meato idrostatico.

L'estremità dell'utensile, che è di sezione ridotta, porta una serie d'ugelli radiali: l'appoggio dell'utensile, su boccole previste nell'attrezzatura o sul pezzo stesso, permette l'ulteriore sostentamento e l'esecuzione completamente in asse. La lavorazione dell'albero, motore o a camme, avviene, così, con tutti i 6 taglienti in contemporanea.

Sono segnalate l'assenza d'oscillazioni e vibrazioni, e quindi più ristrette tolleranze di rettilinearità e di parallelismo, nonché maggiori velocità di lavorazione e qualità superficiali estremamente elevate.

L'azienda che, con centri di lavoro a71 e a81, lavora queste teste, ha ridotto la percentuale di scarto da 400 a meno di 40 parti per milione; ma, soprattutto, tolleranze dell'ordine di $0,01 \div 0,015$ mm sono ottenute con un'elevata ripetibilità di processo: una volta messo a punto, il ciclo è stabilizzato, con risultati di qualità invariata durante il giorno, la settimana, il mese.

La stessa Makino Italia evidenzia che sono evitate le compensazioni meccaniche che di solito si rendono necessarie per la ridotta rigidità della macchina, nonché le continue correzioni di software dovute all'influenza termica dell'ambiente e al surriscaldamento del mandrino, i continui controlli dei risultati sui pezzi finiti e le eventuali rilavorazioni.

All'alta stabilità s'accompagna, poi, il forte abbattimento del tempo di ciclo: del 30% rispetto a precedenti centri di lavoro.

Teste di motori per motocicli

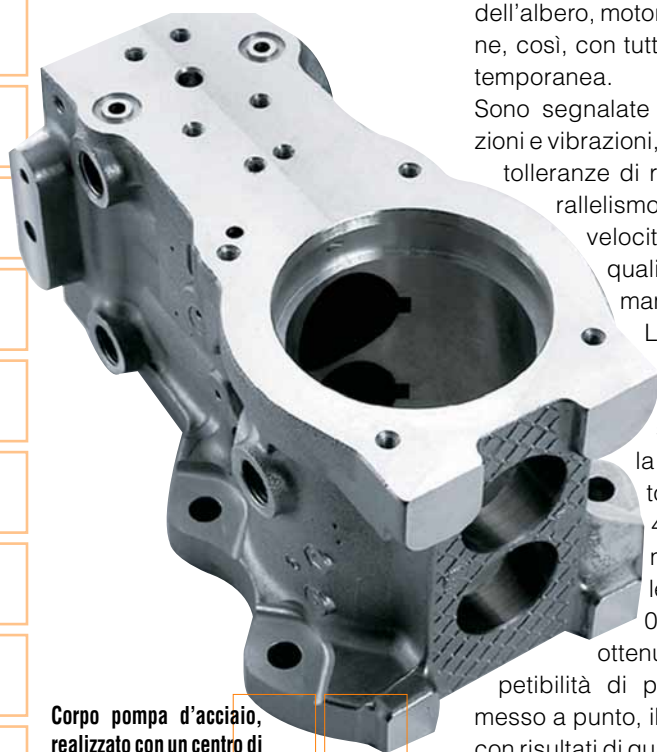
Un quarto impianto è per la lavorazione di teste monocilindriche di motori per motocicli. Con questo impianto Makino Italia indica una riduzione del tempo di ciclo del 40%, con un significativo miglioramento anche della qualità.

Risultati particolarmente lusinghieri, in termini di tolleranze geometriche e di forma, sono segnalati pure nella lavorazione di materiali duri, quali l'acciaio e l'acciaio altamente legato. A cominciare dal settore della componentistica idraulica e pneumatica, con distributori, pompe, valvole, attuatori, per volumi produttivi più bassi ma per un mix produttivo più elevato.

Corpo pompa d'acciaio

Con i centri di lavoro a1 ulteriori applicazioni significative vengono dalla Makino Europa. Un costruttore tedesco, ad esempio, impiega un centro di lavoro a51 nella lavorazione di un corpo pompa d'acciaio. Di rilievo sono anche qui le ristrette tolleranze di perpendicolarità tra i vari condotti, indicate pari a 0,01 mm.

Secondo i responsabili della Makino Italia gli a1 sono molto adatti ai nuovi materiali, quali il metallo duro e il PKD. Ciò per la loro estrema rigidità intrinseca: anche lavorando a numeri di giri elevati, ammortizzano molto bene le vibrazioni, perciò anche i materiali più difficili non sono più un problema. All'alta qualità concorrono, ancora, i mandrini: con eccentricità di 'run out' inferiori a $3 \mu\text{m}$, in barenature e alesature i risultati sono prossimi alla rettifica.



Corpo pompa d'acciaio, realizzato con un centro di lavoro a51.



A poco tempo dal debutto in EMO, il grande interesse riscosso dalla macchina transfer Mikron NRG-50, l'ultima nata di casa Mikron SA Agno, si è convertito in quattro ordini per consegna a inizio 2007: questo rappresenta il successo di un'idea, ossia la macchina a ciclo singolo con applicazioni multiasse, che la Casa svizzera da sempre perfeziona con continuità

Le macchine transfer alla conquista del mercato

Una macchina per tutte le stagioni. Ecco come potrebbe essere definita Mikron NRG-50, la macchina transfer modulare a 12 stazioni multiasse a ciclo singolo progettata e costruita da Mikron Machining Technology con sede ad Agno, Svizzera, la cui realizzazione aggiunge decisamente "molto" al pur già consolidato ed elevato bagaglio di conoscenze ed esperienze inerente questo tipo di tecnologia che la società può giustamente vantare. L'alta flessibilità (fino a 130 assi disponibili con controllo CNC), la grande precisione, la rapidità di commutazione nonché la capacità di operare in simultanea con 30 utensili su tutte le superfici del componente in lavorazione (indipendentemente dalla sua complessità) e, di conseguenza, l'elevato livello di produttività realizzabile (che comprende anche l'operazione di sbavatura mediante l'inserimento di ulteriori assi o l'impiego di utensili speciali) unitamente all'ottimo rapporto fra costo d'investimento, tempi di ciclo e

tempi di cambio utensile hanno costituito la ragione primaria del grande interesse manifestato per Mikron NRG-50 da parte di numerosi operatori di settore. Al successo di Mikron NRG-50 ha contribuito anche, e soprattutto, EMO 2005, la prestigiosa Fiera di Hannover specializzata nel settore macchine utensili, a un livello tale da far confluire in breve tempo l'interesse e il coinvolgimento della clientela nel "passo successivo" costituito, oltre che da più di 50 richieste di approfondimento, da un ordinativo di ben quattro macchine per applicazioni inerenti la realizzazione di sistemi di alimentazione a iniezione per automobili a benzina, di cinque tipi di valvole pneumatiche e di involucri di precisione per sistemi di misura. Da quanto sopra esposto si evince ancora una volta che la precisione gioca uno dei ruoli fondamentali nella scelta per quanto riguarda il processo di produzione di un singolo ciclo in quanto la realizzazione di un sistema di iniezione per automo-

bili a benzina richiede l'esecuzione di operazioni delicate come le forature profonde di piccole dimensioni, le fresature a cinque assi, le scanalature complesse mentre per ogni tipo di valvola pneumatica è richiesta una particolare sequenza di operazioni meccaniche (a partire da una barra di alluminio a sezione rettangolare) che comprende tornitura, fresatura, stozzatura, foratura e maschiatura in simultanea su tutte le superfici del componente in lavorazione.

Per migliorare ulteriormente sia il livello di precisione del prodotto finito e sia la produttività Mikron NRG-50 è stata dotata di un dispositivo di controllo dello sforzo di bloccaggio del pezzo che, agendo durante le varie fasi della lavorazione, fa in modo di evitarne la deformazione, specialmente in quelle aree del componente la cui criticità è evidenziata dalla presenza di forature, e di sistemi innovativi tali da realizzare un'automazione sempre più "spinta" per quanto riguarda il cambio utensili.