

[CENTRO DI LAVORO]

di Andrea Pagani

Spark 2100X

LA SPARK 2100X DI MANDELLI SISTEMI SFRUTTA LA PROPRIA NATURA MODULARE PER SODDISFARE LE RICHIESTE DI PRECISIONE E PRODUTTIVITÀ DI UN'APPLICAZIONE NEL SETTORE AERONAUTICO.

Il progetto Spark è stato sviluppato in Mandelli Sistemi per rispondere alle esigenze presenti e future degli utilizzatori di centri di lavoro polifunzionali. La famiglia include differenti modelli, ciascuno con caratteristiche proprie basate sui settori di sbocco: la Spark 2100, per esempio, nasce per assicurare la massima flessibilità in fase di configurazione del progetto grazie alla particolare architettura della macchina, il tutto lasciando ampio margine per la realizzazione di applicazioni multitasking.

Prevede, infatti, che la tavola di lavoro disponga del solo movimento rotatorio, rimanendo così in posizione fissa sul basamento. In questo modo il layout della parte frontale risulta più "pulito" e adatto ad accogliere accessori e modifiche anche consistenti.

UNA SOLUZIONE PIÙ PRECISA

Spark 2100 è la soluzione di Mandelli Sistemi caratterizzata dalla struttura a montante mobile per asportazioni pesanti. Garantisce eccellenti prestazioni in termini di dinamica e asportazione sia su componenti in materiali tradizionali come ghisa, acciaio e leghe leggere, sia per le lavorazioni a 5 assi su materiali tenaci tipici delle applicazioni aeronautiche come leghe a base di titanio, nickel, cobalto. In questo caso, la Spark 2100X è stata richiesta per la lavorazione di un albero per motore aeronautico nel quale alcune quote critiche risultano estremamente precise.

Questi alberi richiedono lavorazioni tipiche da tornio orizzontale, con operazioni aggiuntive di foratura e fresatura.

In questo caso la precisione necessaria va al di là delle capacità di un normale tornio orizzontale, poiché i fori su macchine ad architettura tradizionale dovrebbero essere eseguiti in interpolazione ruotando l'albero stesso, a discapito della tolleranza di vera posizione dei fori richiesti. Mandelli Sistemi ha ideato perciò una soluzione che consente di eseguire la finitura mediante interpolazione degli assi lineari, tecnologia che assicura il corretto posizionamento dei fori alesati con uno scarto di pochi millesimi rispetto alla posizione nominale.

TAVOLA FISSA, PIÙ POSSIBILITÀ

La presenza della tavola rotante fissa nel basamento della macchina ha permesso ai progettisti di poter fare affidamento su un approccio veramente modulare che nel corso degli anni ha portato a molte soluzioni speciali, da quelle più tradizionali (tavola tiltante) al divisore monosupportato (utile per la lavorazione di componenti del settore energetico come giranti, blisk eccetera). La più recente, descritta nell'articolo, ha visto l'integrazione in macchina di un sistema di cambio pallet che permette di portare all'interno della zona di lavoro particolari tavole equipaggiate con un doppio divisore cavo dotato di contropunta.

L'impiego di questa particolare attrezzatura si è reso necessario per la natura del componente da lavorare, di forma essenzialmente tubolare e con all'estremità una flangia molto precisa. La Spark 2100X effettua le lavorazioni alle due estremità: da un lato la flangia di accoppiamento e, dall'altro, realizza con tecnologia di "hobbing" (dentatura mediante creatore) un ingranaggio a denti diritti. Utilizzare un divisore su una macchina fissa è un'idea già vista nel mondo delle macchine utensili, ma è applicata generalmente su grandi portali nei quali una



Sopra: la Mandelli Spark 2100X in configurazione a 3 pallet



A sinistra: la Spark 2100 nasce per assicurare la massima flessibilità in fase di configurazione del progetto grazie alla sua particolare architettura

parte dell'area di lavoro è fissa e dedicata al divisore. La novità risiede proprio nell'utilizzo di un centro di lavoro con cambio pallet, che permette di eseguire una serie di lavorazioni complesse e articolate senza alcuna interruzione grazie alla presenza di due tavole dedicate ad accogliere un divisore con contropunta.

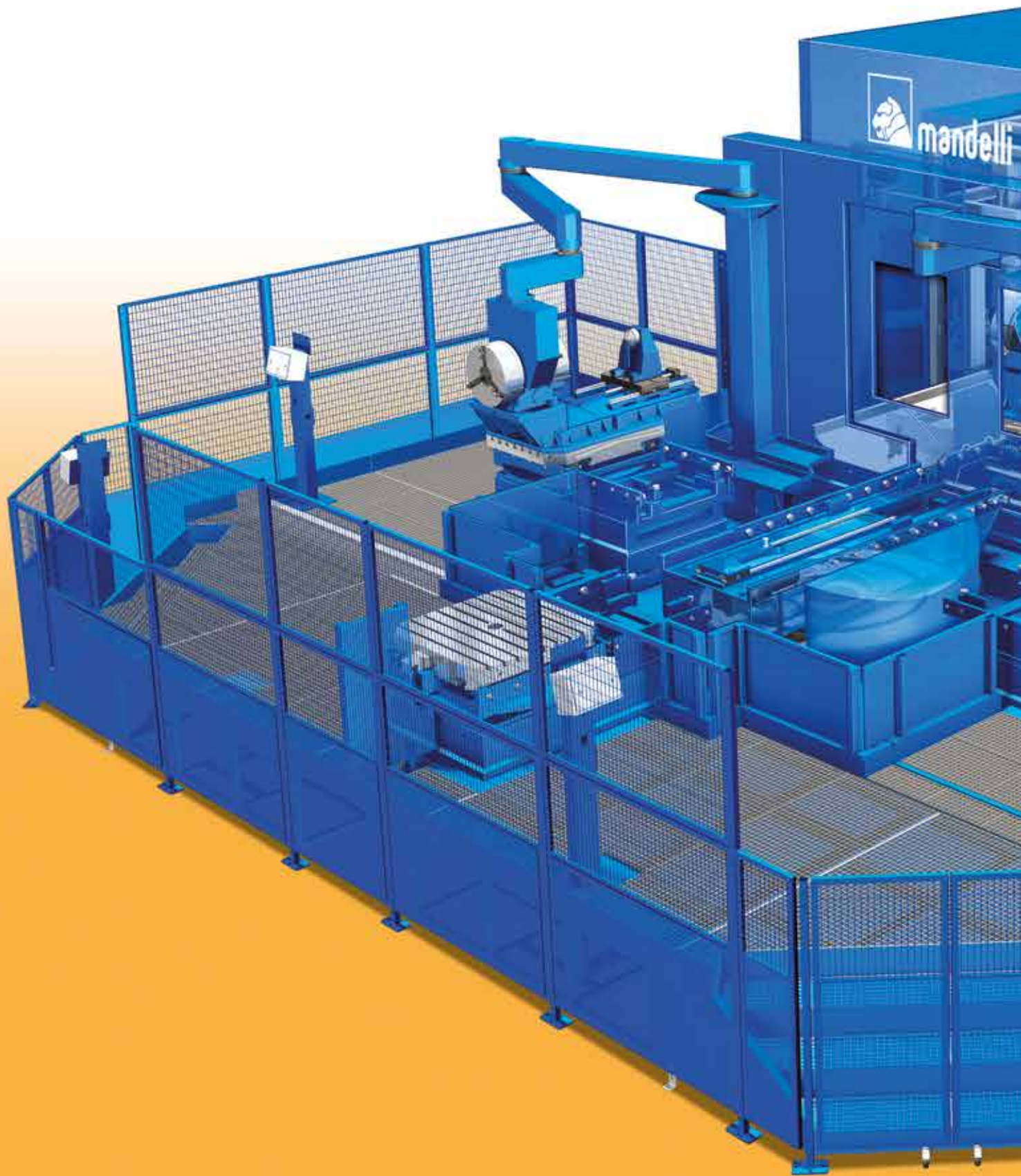
LA STRUTTURA

La Spark 2100 nasce idealmente come "sorella maggiore" della 1600 dalla quale si è evoluta: ne segue la filosofia costruttiva, con una struttura in acciaio elettrosaldato e guide lineari a pattini. Si tratta di una macchina che unisce sia caratteristiche di alta dinamica (le velocità in rapido raggiungono i 50 m/min), sia di robustezza (le 60 tonnellate di peso complessivo si rivelano utili per smorzare efficacemente le vibrazioni, in particolare sui materiali tenaci).

Il basamento dell'asse Z è diviso in due parti, lasciando in tal modo ampio margine nella customizzazione della parte legata alla tavola girevole. Un esempio in tal senso è una recente applicazione per la lavorazione del diametro esterno di valvole a farfalla: in genere per ope-

DM

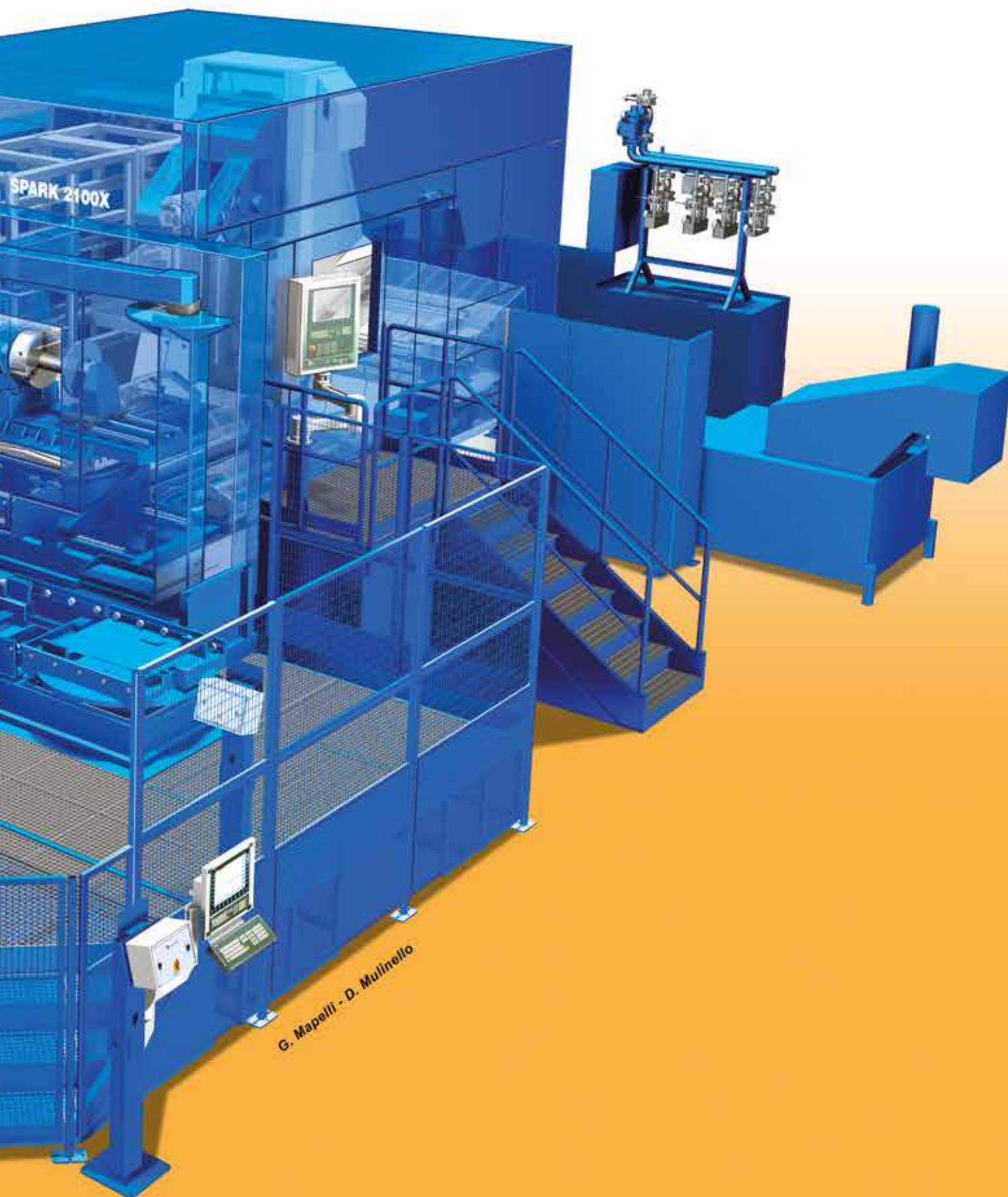
MACCHINA DEL MESE





Vista da Domenico Mulinello e Giovanni Mapelli

Mandelli Sistemi - Spark 2100X



CARTA D'IDENTITÀ

NOME	Spark 2100X
QUALIFICA	Centro di lavoro
COSTRUTTORE	Mandelli Sistemi Spa Via Caorsana, 35 29122 Piacenza Tel. +39 0523 548548 E-mail: mandelli.info@mandelli.com Web: www.mandelli.com

CARATTERISTICHE TECNICHE

Corsa asse X	2.100 mm
Corsa asse Y	1.700 mm
Corsa asse Z	1.800 mm
Rapidi assi X, Y, Z	50 m/min
Asse A (range)	190°
Potenza mandrino	70 kW
Coppia mandrino	500 Nm
Range rotazione mandrino	0÷14.000 giri/min
Dimensioni massime pezzo su tavola	2.500 mm
Peso massimo pezzo su tavola	8.000 kg
Controllo numerico	Siemens 840D SL
Magazzino utensili	300 posti
Massimo peso utensile ammesso	35 kg

Mandelli Sistemi - Spark 2100X

razioni simili si blocca il pezzo dall'interno, ma questa tipologia di valvola non è cava. È stato perciò costruito sopra la tavola girevole un montante esterno sul quale è stata installata una contropunta per mantenere in posizione il pezzo, lasciando libere le aree destinate all'asportazione di truciolo. In altre parole, si tratta di un mix tra un tornio orizzontale (la contropunta) e uno verticale (la tavola con asse verticale) in una sola macchina. Senza la disponibilità di un'architettura a tavola fissa questo non sarebbe stato possibile, perché altrimenti anche il portale avrebbe dovuto essere montato su un asse lineare per inseguire il movimento della tavola stessa.

PRECISIONE MECCANICA ED ELETTRONICA

La rigidezza e la stabilità sono fattori importanti su macchine come la Spark poiché lavora materiali estremamente tenaci come acciai legati, titanio e Inconel, che sollecitano gli assi e inducono vibrazioni. La struttura termosimmetrica opportunamente dimensionata contribuisce al raggiungimento delle precisioni richieste, mentre la massa smorza gran parte delle vibrazioni. Ma è con l'utilizzo di sonde di tastatura che si raggiungono i risultati migliori: i pezzi hanno forma snella e lunga, per cui anche un microscopico disassamento rispetto al piano ideale può comportare lavorazioni errate. La macchina è stata quindi dotata di due sonde (una tradizionale e una a stella, per ta-



A sinistra: il layout della parte frontale risulta "pulito" e adatto ad accogliere accessori e modifiche anche consistenti
A destra: la logica di bordo gestisce i 3 pallet



A sinistra: il magazzino da 300 posti può accogliere utensili fino a 35 kg, incluse testine angolari

A destra: il sistema di cambio pallet permette di portare all'interno della zona di lavoro particolari tavole equipaggiate con un doppio divisore cavo dotato di contropunta

stare anche in tirata) per azzerare ogni singolo pezzo e microaggiustare il part program sulla base dell'effettivo posizionamento dell'albero. Una volta stabilite alcune misure critiche, il part program "riposiziona" le quote di riferimento e gestisce di conseguenza gli assi di lavoro. Si tratta di una condizione fondamentale per eseguire la dentatura su un'estremità dell'albero: è necessaria una perfetta sincronia tra gli assi rotanti, ottenibile perché il mandrino macchina è un elettromandrino mentre il divisore dispone di un encoder diretto sull'asse, senza rinvii che potrebbero indurre giochi o pregiudicare le tolleranze. Il risultato è un errore massimo di sincronizzazione inferiore a $1/1000^\circ$ di grado, che portano alla generazione di ingranaggi in classe 5 utilizzando un creatore in metallo duro.

UN PALLET SPECIALE

Una delle criticità nell'utilizzo di una simile attrezzatura sul cambio pallet è il trasporto delle utenze (pneumatica, idraulica ed elettrica); ciò è possibile attraverso il lungo braccio, che serve appunto unicamente per la movimentazione e il posizionamento del pallet. Una volta giunto in posizione, il pallet viene ancorato alla tavola e da questo momento il braccio funge da semplice "cordone ombelicale", permettendo alla macchina di mantenere l'elevata dinamica dato che tutti i movimenti sugli assi sono *lato utensile*. Il divisore e i due autocentranti spostano però il baricentro del pallet, che risulta decentrato rispetto all'asse della tavola stessa.

SPARK 2100 NASCE PER ASSICURARE LA MASSIMA FLESSIBILITÀ IN FASE DI CONFIGURAZIONE DEL PROGETTO

Per assicurare la massima affidabilità anche in rotazione, la tavola è stata irrobustita con una ralla aggiuntiva con doppio sistema di cuscinettamento che ne massimizza la precisione anche in presenza di un carico eccentrico. Oltre a due pallet di questo tipo, questa Spark è stata dotata anche di una tavola per attrezzature tradizionali: pur essendo un impianto dedicato a una specifica lavorazione, quindi, la realizzazione Mandelli è estremamente flessibile in quanto prevede la possibilità di effettuare all'occorrenza anche altre operazioni tipiche di un centro di lavoro a 5 assi.

UNA MACCHINA GREEN

La destinazione di questa specifica Spark è un'azienda norvegese impegnata nella produzione di componenti aeronautici. La Norvegia è una nazione che presta molta attenzione al risparmio energetico; per tale motivo questa macchina - così come gran parte delle altre già presenti - è stata equipaggiata con una tecnologia chiamata *Ice Water* che sfrutta l'acqua di un fiume opportunamente convogliata in appositi scambiatori di calore per il raffreddamento di vari componenti e mantenere sotto controllo la temperatura dei fluidi di processo.

A tale proposito, è previsto l'impiego dell'alta pressione (fino a 100 bar) e di una vasca da 2.000 litri: un quantitativo ingente di lubrificante viene trattato ogni minuto e la tecnologia *Ice Water* contribuisce in modo significativo al contenimento dei costi energetici.

DETTAGLI DI PREGIO

La lavorazione del titanio richiede l'impiego di utensili ceramici, che a loro volta necessitano di velocità di taglio molto elevate (fino a 1.000-1.200 m/min in fresatura). Per questo il mandrino è opportunamente dimensionato con 70 kW di potenza, 500 Nm di coppia e fino a 14.000 giri/min. Gli utensili ceramici hanno però una vita utile misurabile in *minuti*: per questo è importante la gestione della vita residua (se ne fa carico il controllo numerico, che richiama l'utensile sulla base dei minuti utili rimanenti per terminare una determinata operazione) e la disponibilità di un magazzino particolarmente capiente. Mandelli Sistemi ha previsto un range da 100 a 500 posti: in questa applicazione specifica, il cliente ha scelto un magazzino da 300 posti e fino a 35 kg per ciascun utensile, incluse eventuali testine angolari e utensili creatori.

La logica di gestione utensili prevede l'ottimizzazione del posizionamento nel magazzino di quelli usati più di frequente, utile in particolare quando le operazioni eseguite durano solo pochi secondi. Esiste inoltre la possibilità di utilizzare un buffer intermedio nel quale la macchina, in base alle tempistiche del ciclo di lavoro, preposiziona fino a due utensili successivi. A proposito di controllo numerico, questa macchina utilizza il Siemens Sinumerik 840D SL con interfaccia Operate, che permette la gestione contemporanea delle diverse tecnologie tipiche delle operazioni multitasking (tornitura, fresatura, dentatura eccetera). La collaborazione con Siemens ha permesso inoltre di semplificarne la programmazione, che altrimenti sarebbe risultata piuttosto complessa. Per esempio, quando viene richiamato in macchina un pallet con divisore è possibile lavorare con lo stesso part program indipendentemente dal fatto che si tratti di quello

destro o sinistro perché gli assi macchina vengono rinominati e riorientati in base al pallet scelto, senza che l'operatore debba impostare il programma idoneo. Preparare il pacchetto di sottoprogrammi per agevolare l'operatore ha rappresentato una sfida altrettanto complessa; anche in questo caso, il supporto di Siemens è stato fondamentale per giungere a una soluzione ideale.

AFFIDABILITÀ DI PROCESSO

Spark 2100X è pensata per lavorare in modalità non presidiata su 3 turni: condizioni non banali, poiché viene chiesta l'affidabilità di processo tipica di un FMS a una applicazione speciale, che comporta una serie di criticità aggiuntive. Anche per questo dispone di ben tre evacuatori di truciolo: fondamentali non tanto per il volume generato, visto che l'impiego è destinato principalmente alla finitura, quanto per una rimozione rapida ed efficace del materiale

asportato per ridurre il passaggio del calore alla struttura della macchina. Appositi getti lavano inoltre gli scivoli a ogni avvio del mandrino, così da mantenere pulite le superfici della macchina da eventuali trucioli residui.

DIMENSIONI GENEROSE

In questa versione, la macchina vanta un volume di lavoro di 2.100x1.700x1.800 (X/Y/Z) e una capacità massima su tavola di pezzi fino a 2.500 mm di diametro e 8.000 kg di peso. La testa è di tipo tilting, con un range complessivo di 190° configurabile in base alle richieste del cliente: chi deve lavorare sottosquadra, per esempio, apprezzerà maggiormente range da -130 a +60°, mentre altri potrebbero ritenere più utili i tradizionali -90°/+100°. La testa è dotata di sistema a cinematica con zero giochi: il doppio pignone precaricato permette di raggiungere un'elevata coppia in lavorazione e di azzerare i giochi in fase di inversione. Ne risultano superfici perfettamente lisce nelle lavorazioni a 5 assi in continuo.

UN IMPIANTO INTELLIGENTE

La macchina si inserisce nell'ambito del progetto *iPum@ Suite 4.0* poiché dispone di un elevato grado di sensorizzazione (temperature, accelerometri eccetera) nella struttura e nel mandrino. Quest'ultimo dispone inoltre di un ciclo diagnostico che, una volta lanciato, rilascia un feedback sullo stato di salute dei cuscinetti. Un particolare utensile calibrato e bilanciato viene utilizzato a mandrino nuovo per registrare una sorta di "elettrocardiogramma" dei cuscinetti. Queste informazioni verranno usate come riferimento per valutare le condizioni successive e rilevare eventuali variazioni significative (vibrazioni) legate all'usura della componentistica interna del mandrino stesso. I risultati ottenuti potranno essere analizzati per decidere se è possibile proseguire con le lavorazioni, se l'usura dei cuscinetti è al limite, se un'eventuale collisione ha compromesso il mandrino e quindi dare la possibilità al cliente finale di organizzare per tempo un eventuale intervento di manutenzione senza interruzioni non previste di produzione di componenti critici. ■



I fori sull'albero vengono eseguiti in interpolazione tra l'asse mandrino e quello del divisore, entrambi dotati di motori lineari



La rigidità e la stabilità sono fattori importanti su macchine come la Spark poiché lavora materiali estremamente tenaci