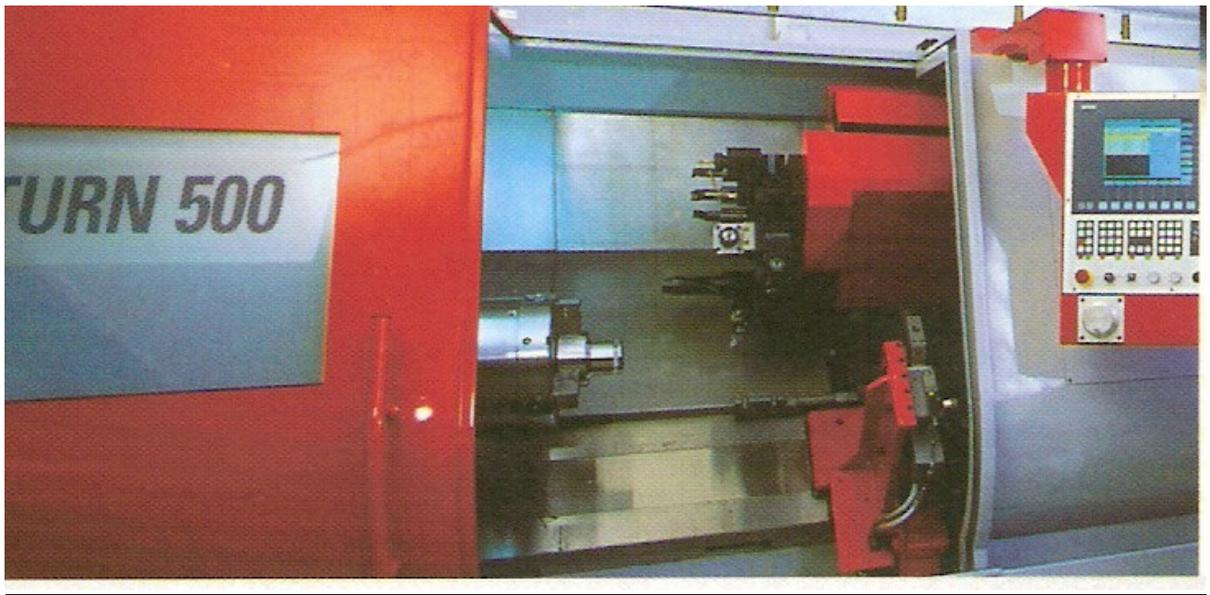


Programmazione
di macchine a C.N.C.

FANUC series 0-21MC (fresa)

FANUC series 0-21TC (tornio)



Prof. Ing. Giovanni Bottaini

Bibliografia:

<i>Manuale di Programmazione macchine utensili C.N.C. Tornitura</i>	<i>R. Manzoni</i>
<i>Programmazione macchine utensili a C.N.C.</i>	<i>R. Manzoni</i>
<i>Programmazione macchine utensili C.N.C. Teoria e pratica</i>	<i>Zeffiro-Fochesato</i>
<i>Sistemi programmabili per macchine utensili C.N.</i>	<i>Violetti-Zaccaria</i>
<i>Macchine Utensili a Controllo Numerico</i>	<i>F. Grimaldi</i>
<i>Emco WinNC GE Fanuc Series 0/21MC</i>	<i>Emco</i>
<i>Emco WinNC GE Fanuc Series 0/21TC</i>	<i>Emco</i>

Edizione 2010

INDICE

- 1.0 Prefazione
- 2.0 Generalità sulle macchine a CNC
- 3.0 Controllo ISO-Fanuc 0-21 MC/TC
 - 3.1 Generalità
 - 3.2 Linguaggi e formato delle istruzioni
- 4.0 Programmazione fresatrice CNC
 - 4.1 Punti di riferimento
 - 4.2 Il segno delle coordinate
 - 4.3 Lo zero pezzo
 - 4.4 Prerequisiti di programmazione
 - 4.5 Avanzamenti di lavorazione
 - 4.6 Velocità di lavorazione
 - 4.7 Funzioni preparatorie G
 - 4.7.1 Movimento rapido G0
 - 4.7.2 Movimento di lavoro G1
 - 4.7.3 Interpolazione circolare oraria G2 e antioraria G3
 - 4.7.4 Interpolazione ellittica
 - 4.7.5 Sosta in una lavorazione G4
 - 4.7.6 Posizionamento esatto G9
 - 4.7.7 Programmazione assoluta ed incrementale G90 – G91
 - 4.7.8 Programmazione polare G15-G16
 - 4.7.9 Piani di lavoro G17-G18-G19
 - 4.7.10 Operazioni di contornatura G40-G41-G42
 - 4.7.11 Uso dei sottoprogrammi M98-M99
 - 4.7.12 Rotazione del sistema di coordinate G68-G69
 - 4.7.13 Cicli fissi o macro
 - 4.7.14 Smussi e raccordi
 - 4.7.15 Funzione di scala e specchiatura G50-G51
 - 4.7.16 Programma CNC per filettatura interna fresata
 - 4.8 Programmi di fresatura
 - 4.8.1 Piastrina 80x115 con semplici lavorazioni e istruzioni ISO
 - 4.8.2 Piastrina 60x60 in alluminio con semplici lavorazioni e istruzioni ISO
 - 4.8.3 Piastrina 100x100 in acciaio con scontornatura di archi e uso dei sottoprogrammi
 - 4.8.4 Piastrina 60x60 con lavorazioni complesse e istruzioni ISO-FANUC
 - 4.8.5 Piastrina 100x42 con applicazione di scontornatura ed esecuzione di tasche
 - 4.8.6 Piastrina 55x55 applicazione di scontornatura e sottoprogramma
 - 4.8.7 Prisma in alluminio 40x40x40 lavorazioni varie
 - 4.8.8 Prisma in alluminio 40x40x40 lavorazioni varie e macro di foratura
- 5.0 Programmazione tornio CNC
 - 5.0.1 Operazioni preliminari

- 5.1 Punti di riferimento
- 5.2 Registro correzione utensili sul tornio
- 5.3 Istruzioni di programmazione
 - 5.3.0 Coordinate per il movimento degli assi
 - 5.3.1 Movimento rapido G0
 - 5.3.2 Movimento di lavoro G1
 - 5.3.3 Interpolazione circolare oraria G2 e antioraria G3
 - 5.3.4 Compensazione del raggio del tagliente G40, G41 e G42
 - 5.3.5 Inserimento di smussi e raccordi
 - 5.3.6 Ciclo di filettatura in un'unica passata G33
 - 5.3.7 Ciclo di filettatura multiplo G78
 - 5.3.8 Ciclo di sgrossatura longitudinale G73
 - 5.3.9 Ciclo di finitura longitudinale G52
 - 5.3.10 Ciclo di sgrossatura trasversale o ciclo di stacciatura G74
 - 5.3.11 Ciclo di ripetizione del percorso G75
 - 5.3.12 Ciclo di foratura G83
 - 5.3.13 Ciclo di maschiatura G84
 - 5.3.14 Ciclo di alesatura G85
- 5.4 n°9 Esercizi svolti di programmazione tornio CNC
- 6.0 Programma di simulazione Emco Frestrice e tornio CNC –Fanuc
- 6.1 Generalità sui tasti funzione del PC

1.0 Prefazione

Questo volume è il risultato di un lungo lavoro iniziato molti anni fa (1985-86) quando negli Istituti Professionali ad indirizzo meccanico venne introdotto il corso OMU (operatore alle macchine utensili) con il quale venivano rivoluzionate le discipline tecniche.

Infatti oltre alle materie tecniche convenzionali (tecnologia meccanica e meccanica) si introducevano nuove discipline in linea con quello che stava avvenendo nel settore industriale.

La concezione di “fabbrica” come eravamo abituati tradizionalmente ad avere, si trasformava grazie alle innovazioni tecnologiche essenzialmente dovute allo sviluppo dell’elettronica e dell’informatica associate alla meccanica. Ciò veniva interpretato come una nuova rivoluzione industriale che sinteticamente portava allo sviluppo delle tipologie di realizzazione del processo produttivo che sinteticamente veniva denominato “**automazione**”.

Le nuove discipline introdotte erano le tecniche circuitali pneumatiche ed idrauliche. Sistemi elettropneumatici e controllori logici programmabili (PLC). L’insegnamento del disegno veniva supportato dalla tecnica CAD, inoltre si cominciava ad introdurre i concetti delle macchine a CNC.

Una vera rivoluzione anche per gli insegnanti che passavano da un corso d’aggiornamento all’altro per adeguarsi in tempi rapidi alle nuove tecniche. Ricordo quel periodo come uno dei più vivaci della intera carriera di insegnamento.

Le prime macchine a CNC (tipo didattico) acquistate dalla scuola con linguaggi di programmazione elementari e molto diverse dalle macchine da produzione industriale, consentivano comunque di programmare semplici lavorazioni che erano motivo di grande soddisfazione per gli studenti.

Dopo alcuni anni vennero acquisite macchine CNC con programmazione ISO e quindi maggiore elasticità di programmazione.

Oggi c’è la possibilità di avere in scuola macchine in tutto eguali alle macchine industriali, magari di dimensioni assai più contenute ma comunque attrezzate per eseguire particolari anche abbastanza complessi. I linguaggi di programmazione sono gli stessi e possono essere scelti. Possiamo disporre a completamento delle macchine o anche come alternativa, programmi di simulazione realistica 3D delle lavorazioni con possibilità di interfacciamento con la macchina stessa. Questi mezzi consentono di fare innumerevoli esercitazioni pratiche con diagnosi degli errori eventualmente commessi e permettono di acquisire la dimestichezza necessaria prima di approcciarsi alla macchina vera e propria.

Ebbene il libro viene incontro alle esigenze suddette ed aiuta a sviluppare la programmazione. Il linguaggio di programmazione è ISO – FANUC 0/21 sia per il tornio che per la fresatrice. Riporta tecniche ed accorgimenti che nei manuali quasi mai vengono esplicitati lasciando agli utenti di scoprirli con l’uso.

E’ corredato da moltissimi esempi, molti dei quali hanno avuto realizzazione pratica sulle macchine.

Una considerazione sul linguaggio di programmazione sviluppato. Premettiamo che lo standard ISO 6983, rappresenta solo una raccomandazione di utilizzo di determinate funzioni e sintassi, tali da rendere comune ed uniforme la programmazione del maggior numero di CNC al fine di semplificare la gestione da parte di utenti che dovrebbero

imparare funzioni e modalità operative diverse. La realtà è poi assai diversa in quanto se i costruttori di CNC hanno adottato il linguaggio ISO per le principali funzioni di movimento, velocità e avanzamento, hanno altresì implementato e sviluppato vari linguaggi (dialetti) che hanno permesso di ottenere vantaggi in termini di semplicità e velocità di programmazione.

In un corso scolastico non è possibile sviluppare i molteplici linguaggi di programmazione che possono poi trovarsi sulle macchine a CNC di lavoro, quindi abbiamo preso in considerazione l'utilizzo di tutte le funzioni standard previste dall'ISO e, senza togliere niente agli altri linguaggi di programmazione, ma semplicemente valutando i due più diffusi sul mercato SINUMERIK e FANUC abbiamo optato per quest'ultimo come base della programmazione sviluppata..

Ringrazio tutti gli autori in bibliografia dai quali ho comunque tratto spunti e considerazioni e anche se ritengo di aver realizzato un utile e semplice strumento di apprendimento sono altresì convinto che tutto è ulteriormente migliorabile e quindi si ringrazia chi fornirà utili suggerimenti a tale scopo.

Prof. Ing. Giovanni Bottaini

2.0 Le macchine a CNC -Generalità

I vantaggi derivanti dall'uso delle macchine a controllo numerico possono essere così sintetizzati:

- Riduzione dei costi diretti di manodopera
- Riduzione dei costi delle attrezzature
- Aumento delle attrezzature
- Aumento della produzione
- Miglioramento della qualità del prodotto
- Riduzione degli scarti
- Aumento della flessibilità della struttura produttiva
- Riduzione di aree occupate in officina (una macchina a CNC può sostituire più macchine tradizionali)
- Certezza di realizzare comunque i tempi di lavorazione preventivati
- Possibilità di affidare ad un solo operatore più macchine

Oltre a questi vantaggi il CNC ha dato adito ad un'ulteriore evoluzione nel campo delle macchine utensili, permettendo di passare dalle tradizionali *macchine monoscopo* (atte ad un unico tipo di lavorazione) a *macchine multiscopo* dette anche *centri di lavorazione*, capaci di fresare, alesare, forare e maschiare in un solo ciclo di lavoro, con un solo posizionamento del pezzo. Oltre a queste sono stati successivamente sviluppati centri di lavorazione della lamiera e centri di tornitura.

Attualmente i centri di lavoro costituiscono l'elemento meccanico principale dei nuovi sistemi di produzione e rendono possibili quelle flessibilità ed elasticità produttive che si dimostrano indispensabili per la moderna industria manifatturiera.

3.0 CONTROLLO ISO - FANUC SERIE 0-21 MC /TC

3.1 Generalità

Le macchine a C.N.C. (controllo numerico computerizzato) sono caratterizzate sinteticamente dalle seguenti peculiarità:

- Realizzazione di particolari meccanici svincolati dalla abilità dell'operatore, quindi riduzione dei tempi di ciclo e rendimenti e precisioni delle lavorazioni costanti.
- Flessibilità nelle lavorazioni in quanto consentono di passare in breve tempo dalla lavorazione automatica di un pezzo o di un lotto ad un altro pezzo o lotto cambiando semplicemente il programma.
- Stabilità (fondazioni e basamento) per resistere a sollecitazioni esterne che possono modificare la precisione delle lavorazioni.

- Rigidità per mantenere elevata precisione nelle lavorazioni anche per elevate forze che vengono trasmesse all'interno della macchina (forze di taglio, forze di inerzia etc.)
- Precisione e rapidità negli spostamenti dovute alle viti a ricircolazione di sfere che hanno consentito di sostituire l'attrito di strisciamento delle classiche guide, all'attrito di rotolamento, mediante l'interposizione di sfere fra vite e chiocciola. Esse consentono peraltro la ripresa degli eventuali giochi causati dal logoramento. L'elevato rendimento e la durezza delle superfici accoppiate permettono di ottenere velocità di posizionamento fino a 30 m/1', ma soprattutto essendoci assenza di gioco permettono di eseguire asportazioni di truciolo sia in concorde che in discorde.
- Controllo continuo delle velocità grazie all'impiego di motori in c.c., oppure con c.a. a frequenza variabile (inverter), in particolare sui mandrini; sono impiegati anche motori passo-passo specie per il movimento delle slitte. Le velocità di rotazione dei mandrini hanno raggiunto in certe macchine valori di 30000 g/min, ma ormai è abbastanza usuale avere a disposizione velocità di 15000 g/min.
- I trasduttori rilevano istante per istante la posizione reale dell'utensile e la inviano al comparatore che la mette a confronto con la misura da raggiungere a fine corsa. Dal confronto dei due valori emerge una differenza e il comparatore attiva la traslazione mediante il servomotore. Quando la differenza si avvicina allo zero, il servomeccanismo è in grado di regolare il numero dei giri del motore in modo da decelerare gradualmente il moto dell'utensile fino a ridurlo a zero esattamente nella posizione voluta.
- Dispositivi automatici di cambio utensile, prelevato da un magazzino utensili. Tale cambio avviene in tempi brevissimi; vi sono macchine che lo effettuano in meno di 2 sec. Gli utensili sono contenuti in un magazzino macchina, che può essere a catena, a giostra ecc. e può contenere anche 100 utensili. La maggior parte delle macchine possiede un magazzino utensili ad accesso casuale, in cui ogni utensile, non occupa sempre la stessa posizione da cui è stato prelevato, ma il primo che si rende disponibile in magazzino. E' ovvio che nella macchina esiste una tabella utensili TS (Tool Simulation) dove per ogni posto si legge l'utensile che vi è contenuto e che viene costantemente aggiornata tramite un opportuno programma. I magazzini a posto fisso hanno un cambio utensili più lento quindi più alti tempi passivi.
- In questo corso saranno trattate macchine con solo tre assi controllati, praticamente il moto delle slitte; in sostanza oggi sono sempre più frequenti macchine che hanno 4,5 e anche 6 assi controllati, esempio una fresa che possiede la tavola girevole (4 asse), la testa della fresa che può ruotare (5 asse), e l'utensile che può uscire dalla testa (6 asse). In tal caso gli assi vengono contraddistinti con le lettere X,Y,Z,U,V,W.
- In quasi tutti i sistemi controllati, si impiegano le cosiddette manopole di "override" che permettono all'operatore macchina di correggere in tempo reale i valori programmati dell'avanzamento e del numero di giri in frazione percentuale. 100% significa che i valori programmati vanno bene, 50% significa che devono essere dimezzati, 150% che devono essere aumentati del 50%. E' ovvio che dovendo eseguire una filettatura la posizione della manopola deve trovarsi sul 100%.

Quando si va in macchina ad eseguire il prototipo del pezzo è utile tenere sotto controllo la manopola di “override” per intervenire tempestivamente se qualcosa non va come programmato.

- Ultimato il programma ed inserito questo nella memoria di macchina, questa possiede in genere un software più o meno evoluto che ci permette di simulare graficamente la lavorazione per poter controllare se questa realizza il progetto previsto. La simulazione può essere piana e si vede solo lo spostamento dell'asse della fresa, o lo spostamento della punta dell'utensile nel tornio, ma può essere anche tridimensionale e si vede veramente la lavorazione e la forma assunta dal materiale lavorato.
- E' evidente che l'impiego di macchine sempre più veloci va di pari passo con l'evoluzione degli inserti in metallo duro per utensili. Le tecniche del rivestimento superficiale (PVD e CVD) vanno sempre più sviluppandosi consentendo prestazioni più elevate. Sono allo studio nuove ceramiche che dovrebbero elevare di molto le velocità già adesso alte, senza contare l'impiego di materiali quali il CBN (nitruro cubico di boro) particolarmente impiegato nella lavorazione di metalli di notevole durezza 50 HRC (temprati) che un tempo dovevano essere lavorati solo con le mole e il PCD (diamante policristallino) impiegato nelle lavorazioni di materiali abrasivi non ferrosi che richiedono precisione e finitura superficiale elevate.

3.2 Linguaggi e formato delle istruzioni

Le funzioni di più comune impiego sono:

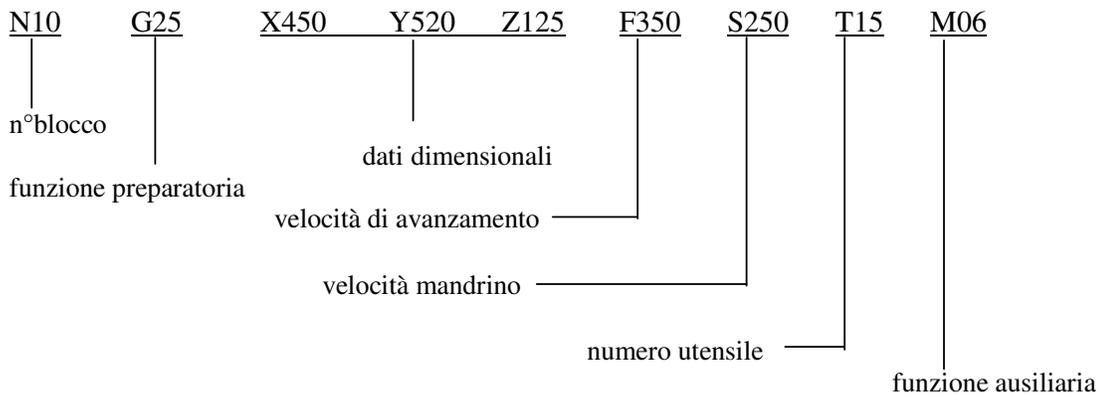
- N - numero di sequenza che individua il blocco delle istruzioni. E' seguito da un numero da 1 a 9999. Di solito si utilizzano i multipli di 5 per poter sempre inserire, anche a programma ultimato, dei blocchi senza dover riprogrammare tutta la numerazione.
- G - (da 0 a 99) funzione preparatoria è l'indirizzo che individua il moto degli utensili, gli spostamenti, predispone alla esecuzione di operazioni varie etc. Molte di queste hanno definizioni ISO valide con tutti i controlli (Fanuc, E.C.S., Philips, Selca, Heidenhain, Siemens etc.) per i numeri lasciati liberi dall'ISO ogni costruttore ha inserito proprie funzioni. Le funzioni descritte nel presente libro oltre che ISO e quindi comuni a tutti i controlli sono esclusivamente FANUC 0-21 quindi non hanno corrispondenza con altri linguaggi di programmazione.

Nota: le funzioni G da 0 a 9, sono così previste dall'ISO: G00, G01, G02, G03, G04 etc. Ebbene quasi tutti i controlli accettano anche una sola cifra numerica G1, G2, G3, etc. indifferentemente.

- F - (Feed) avanzamento, indirizza il messaggio ai servomotori che regolano la velocità di avanzamento; “F” unito alla funzione G94 predispone l'avanzamento in mm/min (G94 F80), con G95 in mm/giro (G95 F0.4). Nella fresa normalmente F è in mm/min; mentre nel tornio è mm/giro; se si volesse cambiare l'unità di misura si useranno G95 o G94.

- S – velocità di taglio; unita alla funzione G96, il numero che accompagna S rappresenta *la velocità costante* in m/min (si usa in genere in tornitura); unita alla funzione G97, S rappresenta i giri/min (normale nella fresa). Quando si lavora a velocità costante alcune macchine vogliono, mediante un indirizzo stabilito dal costruttore, il numero di giri massimo al quale si vuole arrivare compatibilmente con le caratteristiche del motore (es. MS 4000), comunque la macchina non può superare il limite del numero di giri stabilito dal costruttore che si attiva automaticamente al raggiungimento dello stesso.
- T – individua la posizione utensile per predisporre il cambio utensili es. T05. Su alcune unità basta solo T... per fare il cambio utensili, in altre unità occorre aggiungere il comando M6. Nella programmazione Fanuc occorrerà inserire M6 nel caso di programmazione sulla fresatrice, mentre sulla programmazione del tornio non è necessario.
- M – funzioni miscelanee disponibili da 0 a 99 per varie funzioni ausiliarie.
- X,Y,Z – danno informazioni dimensionali
- I,J,K – sono utilizzate per le coordinate del centro e corrispondono a X,Y,Z.

L'ordine di scrittura è il seguente, anche se quasi tutti i controlli accettano un ordine libero di scrittura dopo il numero di blocco:



Al numero di blocco non necessariamente devono seguire righe di programmazione, ma possono essere scritti righe di commento e note posti fra parentesi; è evidente che i commenti scritti fra parentesi sono ignorati dal controllo e servono solo al programmatore.

FUNZIONE PREPARATORIA (di uso più frequente)

è una parola formata da un indirizzo seguito da un numero

G0	posizionamento in movimento rapido	
G1	interpolazione lineare (moto di lavoro)	
G2	interpolazione circolare oraria (moto di lavoro)	
G3	interpolazione circolare antioraria (moto di lavoro)	
G4	tempo di sosta	
G9	posizionamento esatto	
G15	disattiva la programmazione in coordinate polari	(FANUC)
G16	attiva la programmazione in coordinate polari	(FANUC)
G17	piano di lavoro XY	
G18	piano di lavoro XZ	
G19	piano di lavoro YZ	
G28	ritorno al punto di riferimento (reset)	
G33	filettatura con passo costante (unica passata)	
G40	percorso utensile sul profilo (disattiva G41 e G42)	
G41	percorso utensile a sinistra	
G42	percorso utensile a destra	
G43	compensazione utensile (sporgenza)	(FANUC)
G49	annulla la compensazione dell'utensile	(FANUC)
G50	annulla funzione di scala o di specchia	(FANUC)
G51	funzione scala o specchia	(FANUC)
G52	definizione nuovo punto "0"	(FANUC)
G54	definizione punto "0" offset 1	(FANUC)
G55	definizione punto "0" offset 2	(FANUC)
G56	definizione punto "0" offset 3	(FANUC)
G57	definizione punto "0" offset 4	(FANUC)
G58	definizione punto "0" offset 5	(FANUC)
G59	definizione punto "0" offset 6	(FANUC)
G68	rotazione sistema di coordinate INS	(FANUC)
G69	rotazione sistema coordinate DISINS	(FANUC)
G72	ciclo di tornitura di finitura	(FANUC)
G73	ciclo di tornitura in sgrossatura longitudinale	(FANUC)
G74	ciclo di sgrossatura trasversale o di staccatura	(FANUC)
G75	ciclo di ripetizione del percorso	(FANUC)
G78	ciclo di filettatura multiplo	(FANUC)
G80	annulla l'esecuzione di ciclo fisso	
G81	ciclo di foratura poco profonda	
G82	ciclo di lamatura	
G83	ciclo di foratura profonda	
G84	ciclo di maschiatura	
G85	ciclo di alesatura	
G86	ciclo di barenatura	
G90	programmazione assoluta	
G91	programmazione relativa	
G92	definizione "0" pezzo rispetto allo "0" macchina in tornitura	(FANUC)
G94	avanzamento in mm/1'	
G95	avanzamento in mm/g	
G96	rotazione a velocità costante m/1'	

- G97 rotazione a giri costanti g/1'
- G98 ritorno alla quota (z) precedente l'attivazione del ciclo fisso (FANUC)
- G99 ritorno alla quota (z) stabilita nella definizione del ciclo fisso (FANUC)

M) – FUNZIONE AUSILIARIA (di uso più frequente)

- M0 arresto del programma
- M3 rotazione oraria del mandrino
- M4 rotazione antioraria
- M5 stop rotazione del mandrino
- M6 cambio automatico dell'utensile
- M8 refrigerante inserito
- M9 disattiva l'uso del refrigerante
- M13 rotazione oraria del mandrino + refrigerante
- M14 rotazione antioraria del mandrino + refrigerante
- M19 stop mandrino orientato
- M30 fine programma con ritorno all'inizio
- M66 cambio manuale utensile
- M71 aria compressa ON
- M72 aria compressa OFF
- M98 richiamo sottoprogramma
- M99 fine sottoprogramma

4.0 Programmazione di Fresatrice CNC

La memorizzazione dei programmi all'interno della macchina è fatta assegnando un numero ad ogni programma, ciò non è molto agevole perché occorre tenere una registrazione di corrispondenza fra numeri e pezzi lavorati. Scrivere fra parentesi (in tal modo il commento è ignorato dal CN) una nota all'inizio del programma aiuta solo a capire a programma già aperto di cosa si tratta.

Vi sono però alcuni CNC che accettano serie di caratteri alfanumerici.

4.1 Punti di riferimento

M = zero macchina (è un punto di riferimento non modificabile stabilito dal costruttore, è anche l'origine del sistema di coordinate)

R = punto di riferimento (posizione nell'area di lavoro della macchina definita esattamente da fine-corsa). Le posizioni delle slitte vengono calcolate dopo aver portato le slitte sul punto R.

Ad ogni accensione della macchina occorre eseguire questa operazione.

N = punto di riferimento montaggio utensili (definito dal costruttore). Sulla fresa Emco vi è in posizione 10 un finto utensile che sporge 30 mm dalla battuta ed è rispetto a questo che si effettua il presetting degli utensili.

W = punto Zero Pezzo (punto di partenza per le quote nel programma. Può essere definito liberamente dal programmatore e successivamente modificato all'interno del programma stesso).

Nelle fresatrici EMCO lo zero macchina **M**, stabilito dal costruttore, è sul vertice sinistro della tavola. Questa posizione non è comoda come punto iniziale della programmazione. Grazie allo "zero offset" il sistema di coordinate può essere trasferito in un punto più conveniente.

Si hanno a disposizione sette registri (WORK) per memorizzare altrettanti zero offset. Il registro 00 è l'offset di base gli altri offset saranno sommati ad esso.

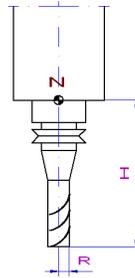
Una volta immesso il valore nel registro rispettivamente 01-02-03-04-05-06 questo può essere richiamato all'interno del programma rispettivamente con G54-G55-G56-G57-G58-G59 quando occorre e lo zero delle coordinate viene traslato dall'offset di base agli altri offsets richiamati.

Nella simulazione della lavorazione 3D, si usano come in macchina gli zero offset G54-G59 dopo aver messo nel registro utilizzato le coordinate dello zero pezzo.

MISURAZIONE DATI UTENSILE

Il CNC considera la punta dell'utensile per il posizionamento, non il punto di riferimento montaggio utensili (N). Occorre quindi rilevare la distanza tra la punta dell'utensile e il punto di riferimento del montaggio di ogni utensile e caricare tale distanza nel registro di correzione utensili (OFFSET) insieme al raggio R, anche se l'utilizzo del raggio è necessario solo quando si usa la compensazione (G41-G42).

Tale operazione viene chiamata "presetting" e va effettuata ogni volta che un utensile viene sostituito o affilato.



Una regoletta facile da usare per associare l'utensile scelto ai valori di sporgenza e raggio è la seguente:

- T1 si associa a H1 (sporgenza) e H2 (raggio)
- T2 si associa a H3 (sporgenza) e H4 (raggio)
- T3 si associa a H5 (sporgenza) e H6 (raggio)

estrapolando T_i si associa a H_{2i-1} (sporgenza) e H_{2i} (raggio)
 H_i sono gli offsets (registri) dove sono stati posti i dati degli utensili.

Quando si effettua un cambio utensili è necessario informare l'unità centrale che deve correggere l'utensile del valore della sporgenza, ciò si effettua con la funzione **G43**; naturalmente prima di scegliere un nuovo utensile è necessario annullare la correzione con la **G49**; è corretto annullare la compensazione in z con moto di sollevamento in z, oppure a quota z adeguata.

N10 T1 H1 M6 M3 (o M4) G43

N55 G0 Z30 G49

N60 T2 H2 M6 M3 G43

Quando si opera la compensazione del raggio utensile G41 o G42 è necessario far seguire la indicazione del registro dove si trova il raggio, per l'utensile T_i il registro è H_{2i} .

Esempio di tabella di utensili caricata nella fresatrice a CNC - Emco:

UTENSILI	OFFSET – cassetti	TIPOLOGIA	NOTE
T1	H1 (H) – H2 (R)	Punta elicoidale Φ 4.2	preforo per M6
T2	H3 (H) – H4 (R)	Maschio M6	
T3	H5 (H) – H6 (R)	Fresotto Φ 5	
T4	H7 (H) – H8 (R)	Fresotto Φ 8	
T5	H9 (H) – H10 (R)	Fresotto Φ 10	
T6	H11 (H) – H12 (R)	Fresotto Φ 12	
T7	H13 (H) – H14 (R)	Fresa a 45°	troncocono 16x8x4
T8	H15 (H) – H16 (R)	Fresa a spianare Φ 40	lavora solo su x-y
T9	H17 (H) – H18 (R)	Cercavertici	
T10	H19 (H) – H20 (R)		

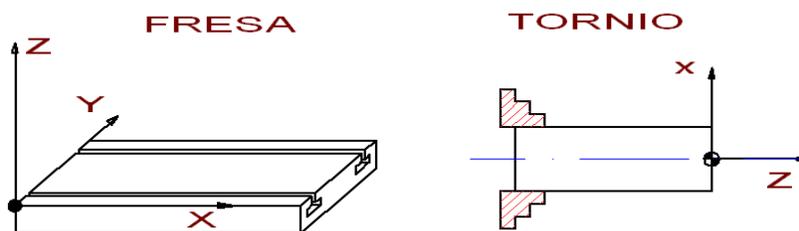
4.2 Il segno delle coordinate

Nella fresatrice gli spostamenti sono considerati positivi quando seguono la regola delle tre dita della mano destra.

Il pezzo è pensato immobile ed è l'utensile che si sposta all'interno del sistema di coordinate.

Anche in tornitura si assume l'immobilità del pezzo; l'asse Z coincide con l'asse di rotazione, l'asse X è in genere diametrale (valore doppio rispetto alle coordinate radiali)

Nel tornio gli spostamenti sono positivi quando l'utensile si allontana dal pezzo.



4.3 Punto zero pezzo

Prima di cominciare a scrivere il programma, è necessario definire il punto “0” pezzo (W-workpiece) rispetto al quale dare poi gli spostamenti.

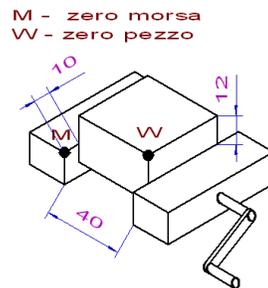
Tale punto nelle macchine che usano il controllo FANUC è definito con gli “0” offset da G54 a G59 , quindi sono possibili sei possibilità di zero diversi che possono essere definiti ed utilizzati quando occorre.

Nel simulatore, lo zero macchina è unico ed è posizionato nell’angolo sinistro alto della morsa così come lo è in genere anche in macchina dopo che abbiamo definito la traslazione dallo zero macchina.

Lo “0” pezzo (Work piece) è definito rispetto a questo con la funzione **G54 - G55 – G56 – G57 – G58 -G59** nel blocco N05 che è il primo blocco di programmazione.

Si consiglia accanto alla funzione di zero “offset” scelta metter un commento fra parentesi in cui sono scritti i valori di X, Y, Z che definiscono lo zero pezzo rispetto allo zero morsa.

Con la funzione **G52** l’attuale punto zero delle coordinate può essere traslato per i valori di X, Y, Z. Con questa funzione si crea un sottosistema di coordinate relativo a quello esistente. La traslazione rimane attiva fino a che non ne viene indicata una nuova.



Definizione del punto zero pezzo rispetto allo zero morsa:

N05 G54 (X10 Y-40 Z12 quote da inserire nell’offset)

Nella lavorazione non simulata, lo zero morsa è in genere lo zero di base (G53), quindi per andare allo zero pezzo che in genere si assume nell’angolo destro del pezzo per avere tutti gli spostamenti positivi, si richiama con G54 l’offset 1, dopo che nella tabella degli offset sono state poste le coordinate dello spigolo del pezzo rispetto allo zero morsa.

NOTA : le funzioni G52, G54, G55.....G59, definiscono solamente dove è il punto Zero Pezzo, ma non spostano assolutamente l’utensile che rimane nella posizione in cui si trova.

4.4 Prerequisiti di Programmazione

Per essere in grado di programmare correttamente la lavorazione di un particolare meccanico è innanzi tutto necessario possedere i seguenti prerequisiti:

- saper leggere il disegno e individuare attraverso le quote i punti che l'utensile deve raggiungere nella lavorazione.
- possedere competenze nella elaborazione del ciclo di lavorazione da eseguire
- saper scegliere correttamente i parametri di taglio in relazione al materiale da lavorare,
- ai trattamenti termici su di esso eseguiti e alle finiture richieste mediante le rugosità.
- saper scegliere correttamente gli utensili da usare
- saper interpretare e le eventuali tolleranze di lavorazione

Aggiungendo a queste competenze la conoscenza di un qualsiasi linguaggio di programmazione possiamo eseguire il programma per realizzare il componente stabilito.

4.5 Avanzamenti di lavorazione

Si indica con la lettera ***F*** (Feed); nelle macchine fresatrici è espresso solitamente in mm/min (G94) quindi rappresenta la velocità; nel tornio solitamente è espresso in mm/giro (G95)

Per una scelta corretta della velocità di avanzamento nella fresatura si ricorda la formula che partendo dall'avanzamento a dente ci permette di definire la F:

$$F = a_z \cdot z \cdot S$$

dove z è il numero di denti o taglienti ed S è il numero dei giri.

L'avanzamento a dente si assume orientativamente 0.02 - 0.05 in finitura e 0.06 - 0.10 in sgrossatura.

La scelta dell'avanzamento di tornitura mm/giro è funzione del grado di rugosità che vogliamo ottenere sulla superficie lavorata, ed è anche influenzato dal raggio di punta dell'utensile.

La tabella seguente aiuta nella scelta dell'avanzamento di tornitura fornendo i valori massimi per ottenere le rugosità indicate:

Ra μ m	Raggio 0.4	Raggio 0.8	Raggio 1.2	Raggio 1.6	Raggio 2.4
0.6	0.07	0.1	0.12	0.14	0.17
1.6	0.11	0.15	0.19	0.22	0.26
3.2	0.17	0.24	0.29	0.34	0.42
6.3	0.22	0.30	0.37	0.43	0.53
8	0.27	0.38	0.47	0.54	0.66

4.6 Velocità di lavorazione

Si indica con la lettera S (Speed); nella fresatrice è espressa solitamente in giri/min (G97); nel tornio è solitamente espressa in m/min (G96).

La macchina ha di solito un numero di giri max programmabile che si trova sulla documentazione tecnica. Nel caso di lavorazione di sfacciatura a velocità costante (G96) è evidente che la limitazione dei giri entra in azione avvicinandosi al centro del pezzo.

La velocità di taglio si ricava in genere dai manuali degli utensili e il numero di giri si ottiene con la formula:

$$S = \frac{1000 \cdot V_t}{\pi \cdot d}$$

E' comunque utile verificare che con i parametri di taglio scelti per la lavorazione più gravosa la potenza della macchina non venga mai superata.

La potenza richiesta si può calcolare con la formula:

$$P_{kW} = \frac{\sigma_s \times q \times V_t}{60000 \times \eta}$$

Dove:

σ_s – rappresenta la tensione di strappamento il cui valore si ricava dai manuali specializzati, comunque in prima approssimazione vale da $(2.5-6) \cdot R$ (carico di rottura); assumendo i valori bassi quando i carichi di rottura sono alti (R900-1000) e valori a crescere fino a 6 con gli acciai con carichi di rottura bassi (es. Fe360)

q - è il valore della sezione di truciolo ossia la profondità di passata x l'avanzamento

V_t - è il valore della velocità di taglio

η - è il valore del rendimento (0.75-0.85)

Più complessa è la valutazione della potenza nella operazione di fresatura che si distingue in frontale e circonferenziale, a questo scopo si rimanda ai testi di tecnologia meccanica.

Nota: nella programmazione Fanuc industriale, in genere ad ogni fase di lavorazione, vengono *ripetute* le informazioni relative allo zero pezzo es. G54, le informazioni relative ai parametri di lavoro S, F, M3 o M4, in quanto se si ferma la macchina per un qualche motivo (es. un controllo) nella ripartenza non vengono lette le righe precedenti.

4.7 Funzioni preparatorie G

Le funzioni preparatorie G sono alla base della programmazione in quanto rappresentano le funzioni che danno istruzione alla macchina di effettuare tutte le operazioni necessarie alla

lavorazione del pezzo.

Analizzeremo le funzioni ISO che sono riconosciute e utilizzate da tutti i controlli integrate da funzioni Fanuc.

4.7.1 Movimento in rapido G0

La funzione G0, viene utilizzata nelle fasi di avvicinamento o allontanamento rapido dal pezzo; la macchina utensile si muove alla massima velocità di spostamento consentita dal costruttore (attualmente, nelle macchine più moderne, si raggiungono velocità di 30 mt/1' anche se normalmente si hanno valori intorno a 10 m/1'; questi valori rendono del tutto trascurabile il tempo di spostamento rapido in un ciclo rispetto ai tempi di lavorazione)

Sintassi: G0 X-10 Y100 Z-4

Da notare che lo spostamento avviene in diagonale per cui bisogna fare attenzione ad eventuali collisioni utensile-pezzo, altrimenti si separa lo spostamento sul piano x,y dallo spostamento sull'asse z dando la precedenza al movimento di svincolo dal pezzo. I simulatori delle lavorazioni sono comunque dotati di una funzione " Detection collision" che segnala tutti gli eventuali contatti anomali (in rapido) dell'utensile con la morsa ma anche con il pezzo.

Nota: se in un blocco non viene scritta la funzione G..., oppure una o due coordinate, vengono presi automaticamente i valori del blocco precedente, ciò consente di velocizzare la scrittura del programma evitando di ripetere quote o istruzioni già scritte.

4.7.2 Movimento di lavoro G1

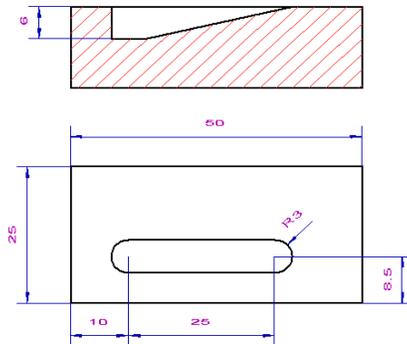
La funzione G1 indica lo spostamento lineare in moto di lavorazione; richiede i dati:

F – velocità di avanzamento
S – numero di giri del mandrino g/1'
T – il numero dell'utensile da utilizzare
M – funzioni ausiliarie di corredo

Sintassi: G1 X120 Y100 M3 F150 S1000

In questo caso M3 sta ad indicare la rotazione oraria del mandrino è obbligatorio indicarla al cambio utensile.

Da notare che si può eseguire anche una interpolazione spaziale, anche se con molta cautela, per la tipologia della lavorazione. Come illustrato nell'esempio sotto è bene partire dalla massima profondità e andare a decrescere.



ESEMPIO

```

N05 G54
N10 M6 T2 H3 G43 M3
N15 S2000 F40
N20 G0 X10 Y8.5 Z1
N25 G1 Z-6
N30 G1 X35 Z0
N35 G0 Z30
N40 M30

```

4.7..3 Interpolazione circolare oraria G2 e antioraria G3

L'esecuzione di archi di cerchio o cerchi completi viene eseguita con le funzioni G2 e G3:

Sintassi: G2 X40 Y34 I0 J18

Oppure: G2 X40 Y33.31 R18

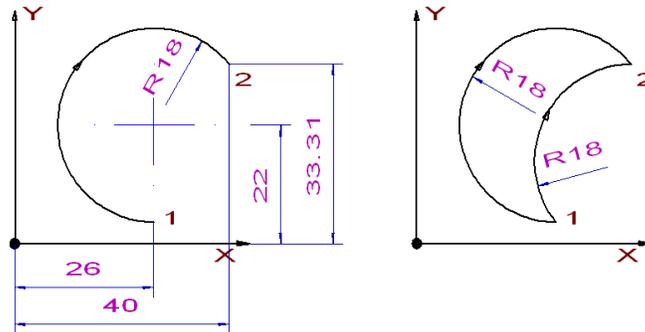
I valori di X ed Y rappresentano le coordinate finali del punto da raggiungere (2), I e J rappresentano le coordinate, rispettivamente X (I) e Y (J) del centro dell'arco relative al punto di partenza dell'arco (1) quando si lavora nel piano x,y (G17).

Se si lavora nel piano x,z (G18) ovviamente le coordinate finali sono assegnate con X e Z, e le coordinate del centro con I (x) e con K (z).

Analogamente se si lavora nel piano y,z (G19), Y e Z sono le coordinate d'arrivo e J e K le coordinate del centro.

E' evidente che fra le due sintassi proposte il secondo modo di scrittura è più semplice perché non obbliga la valutazione delle coordinate relative del centro, ma scrive semplicemente il raggio.

Attenzione: quando l'arco da fare è diverso da 180°, esistono due possibilità di percorso aventi lo stesso raggio che conducono allo stesso punto finale. Ciò avviene seguendo due traiettorie diverse, in questo caso se non si vuol incorrere in errori è necessario adottare la prima sintassi, cioè dare le coordinate del centro, così come se vogliamo realizzare una circonferenza completa. Alcuni controlli sono programmati affinché il percorso seguito dall'utensile, se non viene indicato il centro, sia il più breve.



Per realizzare un arco il controllo Fanuc accetta per archi più piccoli di un semicerchio raggi positivi +R, mentre per archi maggiori di un semicerchio raggi negativi -R.

Quindi le coordinate del centro relative al punto di partenza sono necessarie solo nel caso di un cerchio completo, in tutti gli altri casi si dà il valore del raggio col segno.

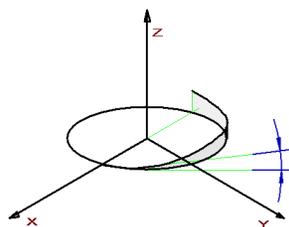
4.7.4 Interpolazione ellittica

Normalmente per un cerchio vengono programmati solo due assi. Questi due assi determinano anche il piano attivo. Se si programma un terzo asse i movimenti delle slitte si combinano in modo da disegnare un percorso a forma di vite.

L'avanzamento programmato non potrà essere mantenuto sul percorso reale ma sul percorso circolare (proiezione). Il terzo asse verrà controllato in modo da raggiungere la posizione finale insieme agli assi circolari.

Limitazioni:

- l'interpolazione ellittica è possibile solo sul piano attivo G17
- l'angolo di inclinazione dell'elica deve essere minore di 45°
- se le tangenti differiscono per più di 2° nell'angolo solido, dovrà essere programmato un posizionamento esatto G9.



4.7.5 Sosta in una lavorazione G4

Se durante la lavorazione intendiamo sospendere l'esecuzione del programma per un tempo definito, ciò può essere programmato con la funzione G4.

Sintassi: G4 X10

X10 rappresenta il numero di secondi della sosta se si sono adottati gli avanzamenti in mm/l' (G94) ; rappresenta il numero di giri di sosta se si sono adottati gli avanzamenti in mm/g (G95) come avviene normalmente nel tornio.

4.7.6 Posizionamento esatto G9

Sintassi: N.... G9

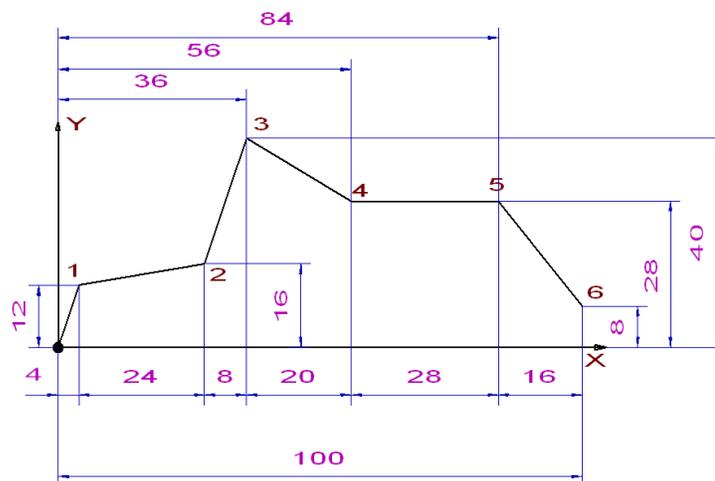
Il blocco successivo del programma sarà elaborato quando le slitte sono completamente ferme dal movimento precedente. In virtù di ciò gli angoli non saranno arrotondati ma esattamente a spigoli vivi.

4.7.7 Programmazione assoluta e incrementale G90-G91

La programmazione assoluta vuole le coordinate dei punti rispetto allo "0" pezzo. La macchina all'accensione è predisposta per ricevere quote assolute. Durante l'esecuzione del programma in ogni momento è possibile passare da un sistema all'altro con la funzione G91 e ritornare quando si vuole alle quote assolute premettendo G90.

Ciò risulta molto comodo in quanto si possono evitare operazioni di somma di quote che potrebbero indurre ad errori, utilizzando a seconda di come è quotato il disegno, o la quotatura assoluta o quella relativa e passando dall'una all'altra quando occorre.

Esempio:



G90:

X₁ 4 Y₁ 12
X₂ 28 Y₂ 16
X₃ 36 Y₃ 40
X₄ 56 Y₄ 28
X₅ 84 Y₅ 28
X₆ 100 Y₆ 8

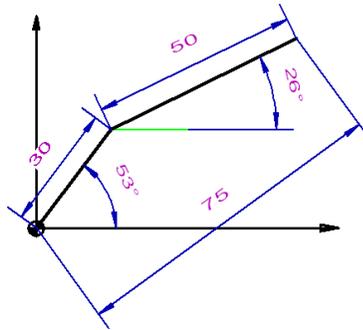
G91:

X₁ 4 Y₁ 12
X₂ 24 Y₂ 4
X₃ 8 Y₃ 24
X₄ 20 Y₄ -12
X₅ 28 Y₅ 0
X₆ 16 Y₆ -28

4.7.8 Programmazione polare G15-G16

Così come usiamo la programmazione delle misure da realizzare assoluta e incrementale possiamo usare la programmazione polare che si attiva con la funzione G16 e si disattiva con la programmazione G15. Ricordiamo che le coordinate polari individuano un punto nel piano cartesiano attraverso il valore del raggio e dell'angolo.

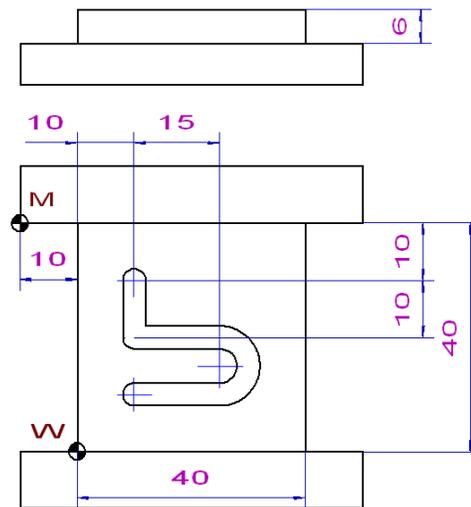
Esempio:



N10 G16 G01 X30 Y53
N11 G1 X75 Y26

I valori di X e Y sono riferiti sempre allo zero pezzo (G90).

Esempio di lavorazione con l'uso delle funzioni sin qui analizzate :



Asola $\Phi 4$ profondità 2 mm

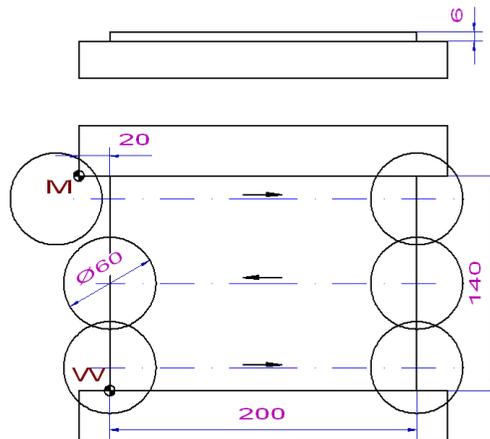
N05 G54 (X10 Y-40 Z6)
 N10 T1 H1 M6 M3 G43
 N15 S2000 F80
 N20 G0 X10 Y10 Z1
 N25 F30
 N30 G1 Z-2
 N35 X25 F80
 N40 G3 X25 Y20 I0 J5
 N45 G1 X10
 N50 Y30
 N55 G0 Z100 G49
 N60 M30

N05 G54 (X10 Y-40 Z6)
 N10 T1 H1 M6 M3 G43
 N15 S2000 F80
 N20 G0 X10 Y10 Z1
 N25 F30
 N30 G1 Z-2
 N35 G91 X15 F80
 N40 G3 X0 Y10 I0 J5
 N45 G1 X-15
 N50 Y10
 N55 G90 G0 Z100 G49
 N60 M30

Nota : i valori fra parentesi nel primo blocco devono essere scritti nella tabella degli zero Offset in corrispondenza alla G54 (01) con le coordinate X10 Y-40 Z6.

- a G55 corrisponde l'offset 02
- a G56 corrisponde l'offset 03
- a G57 corrisponde l'offset 04
- a G58 corrisponde l'offset 05
- a G59 corrisponde l'offset 06

Esempio di una Operazione di spianatura con una fresa $\phi 60$ mm (pos. T3)



N05 G55 (X20 Y-140 Z5)

viene definito lo 0 entro il pezzo $z=5$, quindi la passata di sgrossatura è di un millimetro, dopodichè la superficie finita diventerà il riferimento Z0, ciò è assai comodo perchè svincola la precisione delle lavorazioni dalla precisione di montaggio in Z.

N10 T3 H5 G43 M6 M3

N15 S500 F200

N20 G0 X-35 Y125 Z0

N25 G1 X200

N30 Y70

N35 X0

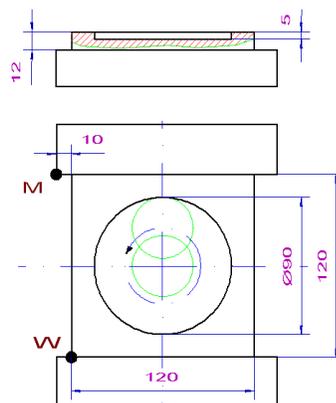
N40 Y15

N45 X200

N50 G0 Z100 G49

N55 M30

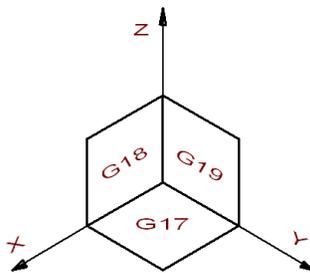
Esempio di lavorazione tasca CIRCOLARE con fresa $\phi 40$ mm (pos. T2)



N05 G54 (X10 Y-120 Z12)
N10 M6 T2 H3 G43 M3
N15 G0 X60 Y60 Z1
N20 G1 Z-5 S400 F40
N25 Y85 F100
N30 G3 X60 Y85 I0 J-20
N35 G0 Z100 G49
N40 M30

4.7.9 Piani di lavoro G17-G18-G19

La macchina è in genere impostata per “default” sul piano di lavoro X,Y che è espresso dalla funzione G17, qualora si desiderasse effettuare lavorazioni su altri piani (es. linguetta americana) occorre spostarsi su questi con le funzioni G18 (piano X,Z) e G19 (piano Y,Z).



Nota: per valutare l'interpolazione oraria e antioraria, sui tre piani, per convenzione si interpreta il senso di percorrenza dell'arco di circonferenza osservandolo dalla punta del terzo asse perpendicolare al piano di lavoro selezionato.

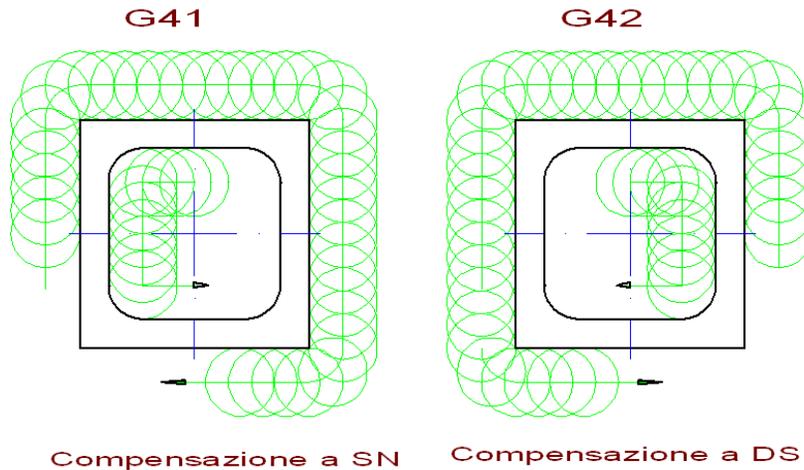
Sintassi: N 65 G2 G19 Y60 Z35 J25 K20

4.7.10 Operazione di contornatura G40-G41-G42

Nella operazione di fresatura si deve sempre stabilire il percorso del centro utensile della fresa, che si discosta dal contorno del pezzo da fresare di una distanza uguale al raggio della fresa; quindi quando si debba fresare un contorno definito da curve anche complesse è necessario programmare il percorso del centro fresa in relazione al raggio dell'utensile usato. La compensazione del raggio utensile, invece, permette la programmazione diretta del contorno del pezzo; il calcolo del percorso della fresa in relazione al valore del raggio scelto all'interno del programma viene fatto automaticamente dal controllo provvedendo esso stesso a correggere in più o meno il raggio della fresa (operazione chiamata offset). Un disegno come quello sotto indicato comporterebbe notevoli difficoltà per individuare il percorso del centro della fresa a meno di usare un CAD per definire un contorno del pezzo

Avendo scelto per esempio l'utensile T5 avremo la seguente sintassi:

.....
N65 G1 G41 H10 X25 Y50



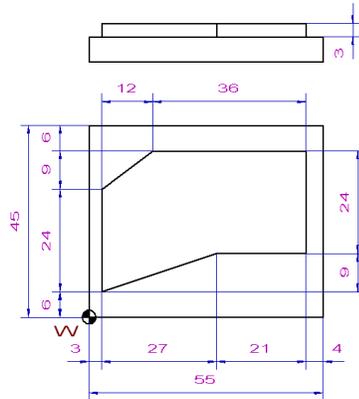
Per eseguire un contorno esterno è necessario portarsi all'esterno del pezzo, aggiustare la z, poi eseguire l'accostamento; per eseguire un contorno interno è necessario portarsi all'interno della figura, abbassarsi alla z con G1 e quindi accostarsi al profilo. I valori X e Y da assegnare corrispondono ai punti effettivi della figura da realizzare, sarà poi il controllo a calcolare esattamente il percorso del centro fresa.

Le funzioni di contornatura possono essere accortamente utilizzate per realizzare la passata di grossatura lasciando un sovrametallo che verrà asportato in finitura.

A tale scopo utilizzando ad esempio l'utensile T6 ($\Phi 12$ mm) come sappiamo, in base alla regoletta stabilita, il raggio dell'utensile si trova nell'Offset H12 dove abbiamo posto (6mm); se creiamo un offset di comodo es. H60 in cui poniamo un raggio maggiorato es. 6.2mm quando useremo H60 lavoreremo il contorno del pezzo lasciando un sovrametallo di 0.2mm. Dopodichè per effettuare la finitura basterà sostituire nel programma H60 con H12 e rieseguirlo, cambiando eventualmente anche i parametri di taglio.

Per eseguire delle quote in tolleranza possiamo sempre utilizzare lo stesso accorgimento, vale a dire la correzione fittizia del raggio del fresetto in modo da realizzare il valore medio fra gli scostamenti superiore e inferiore della quota.

1° Esempio: T1 diametro 40 mm



N05 G54

N10 M6 T1 G43 H1 M3

N15 S500 F120

N20 G0 X-22 Y-22

N25 Z-3

(ci portiamo fuori dal pezzo di una distanza maggiore del raggio della fresa e con la Z in posizione di lavoro; lo spostamento avviene di regola prima sul piano X,Y e poi sull'asse Z)

N30 G1 X3 Y6 G41 H2

(con moto di lavoro ci portiamo in posizione di accostamento G41 a sinistra del pezzo compensando il raggio H2–utensile T1)

N35 G91 X0 Y24

(sono state inserite le coordinate relative)

N40 X12 Y9

N45 X36

N50 Y-24

N55 X-21

N60 G90 X3 Y6

(ripristino delle coordinate assolute)

N65 G0 X-21 G40

(annullamento della correzione utensili, va fatto prima di sollevarsi e mentre ci allontaniamo dal pezzo)

Si può riscrivere il programma utilizzando le coordinate assolute e con accostamento a destra G42.

Nota:

La compensazione G41/G42 deve avvenire dopo aver posizionato la Z di lavorazione, e dovrà essere eliminata con G40 prima di sollevarsi dalla Z a fine lavorazione.

2° Esempio: Sviluppiamo il programma della fig.A T2 ϕ 60mm

N05 G54 (X10 Y-160 Z15)
N10 T2 H3 G43 M6
N15 G0 X-35 Y-35
N16 Z-5
N20 G1 X5 Y15 G42 H4 S800 F120 M3
N25 X70 Y5
N30 G91 X65 Y20
N35 G90 G02 X120 Y100 I175 J70
N40 G91 G01 X-30 Y55
N45 X-55 Y-30
N50 G90 X5 Y15 I100 J105
N55 G0 G40 Y-20
N60 Z100 G49
N65 M30

4.7.11 Uso dei sottoprogrammi M98-M99

Il sottoprogramma si utilizza ad esempio quando dobbiamo in una contornatura asportare assai materiale lungo l'asse "Z". In tal caso, invece di scrivere il programma di lavorazione tante volte quante sono le passate, usiamo il sottoprogramma che ci consente di scrivere una sola volta la lavorazione.

Il sottoprogramma essendo un programma diverso (ma non autonomo) residente in memoria e individuato da un indirizzo (numero) può essere richiamato da programmi diversi per realizzare la stessa lavorazione, oppure anche all'interno dello stesso programma per eseguire in posizioni diverse la lavorazione; nota che in tutte queste applicazioni è richiesta la programmazione con le coordinate relative (G91).

Il sottoprogramma viene richiamato dalla funzione miscelanea **M98** e termina con la funzione **M99**.

Da tener presente che il sottoprogramma è un programma autonomo che viene richiamato all'interno di un programma principale.

La sintassi di richiamo è la seguente: M98 P040035

La lettera P è seguita da un gruppo di sei cifre dove:

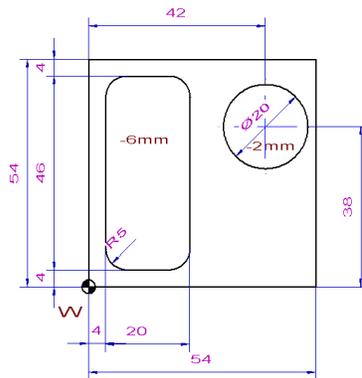
04 (2 cifre) sta per il numero di ripetizioni del sottoprogramma (es. 4)
0035 (4 cifre) sta per il numero assegnato sottoprogramma (es.35)

Nel sottoprogramma si usano le coordinate relative G91 almeno per dare la profondità z.

Nota: alla fine della lavorazione prevista nel sottoprogramma l'utensile rimane sulla minima quota Z per cui al ritorno nel programma principale è opportuno sollevare l'utensile.

Quando si richiama dalla libreria programmi per una visualizzazione il sottoprogramma si fa con o35↓ (e non con 0035).

Se si vuole lavorare la tasca profonda 6 mm con una fresa diametro 10mm (T2) e con un sottoprogramma si deve procedere così



N05 G55	
N10 M6 T2 H3 G43 M3	
N15 S1000 F60	
N20 G0 X9 Y9 Z1	
N25 G1 Z0	
N30 M98 P030035	0035
N35 G0 Z1 G90	
N40 X42 Y38	N05 G1 Z-2 G91 F30
N45 G1 Z-2 F30	N10 X10 F100
N50 X47 F300	N15 Y36
N55 G3 X47 Y38 I-5 J0	N20 X-10
N60 G0 Z100	N25 Y-36
N65 G49	N30 M99
N70 M30	

4.7.12 Rotazione sistema di coordinate G68 / G69

Con la funzione G68 possiamo ruotare il sistema di coordinate di un dato valore angolare.

Sintassi:

N.....G68 a.....b.....R.....

.....

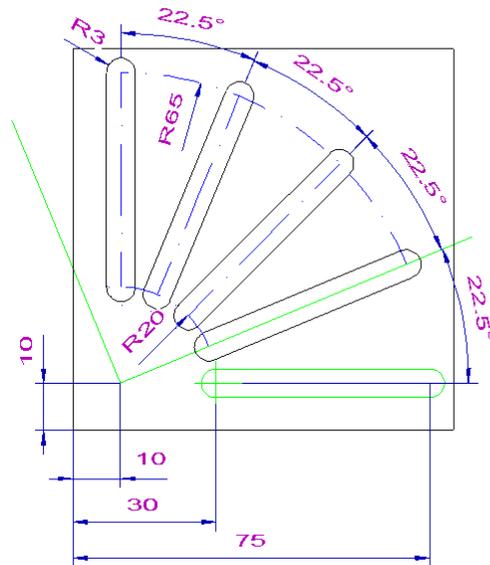
 N.....G69

- G68 indica che è Inserita la rotazione del sistema di coordinate
- G69 indica che viene Disinserita la rotazione del sistema di coordinate
- a, b indicano le coordinate del centro di rotazione
- R indica l'angolo di rotazione

La rotazione può avvenire nel rispettivo piano di lavoro G17, G18 o G19.

Esempio:

Da notare che in questo esempio il sottoprogramma viene utilizzato per realizzare la figura ruotata 4 volte vedi disegno.



(Programma 0050)

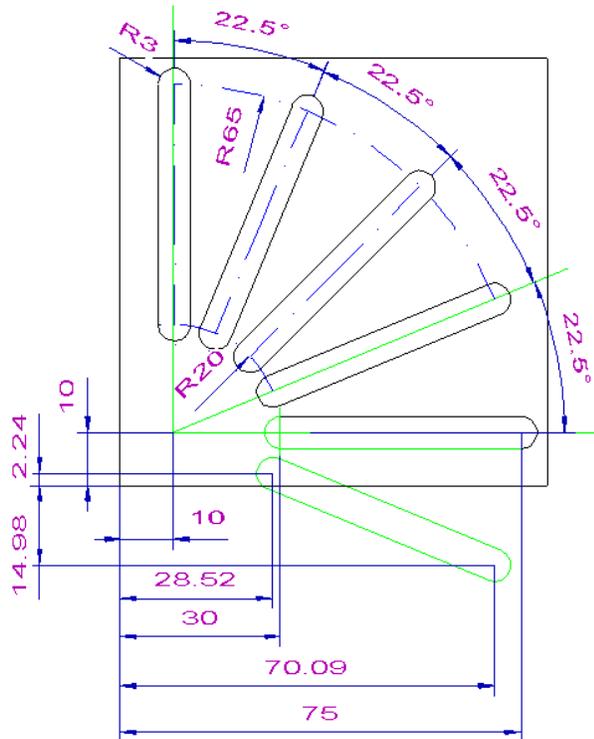
```
N05 G54
N10 M6 T2 G43 H3 (fresotto Φ6)
N15 S2000 F150 M3
N20 M98 P040051
N25 G0 Z30
N30 M30
```

(Sottoprogramma 0051)

```
N05 G91 G68 X10 Y10 R22.5
N10 G90 G0 X30 Y10 Z5
N15 G1 Z-2
N20 X75
N25 G0 Z5
N30 G69 M99
```

Come si può osservare la rotazione inizia ignorando la posizione iniziale della figura definita nel sistema di coordinate primarie; se si volesse ottenere anche la figura iniziale, quindi 5 figure, si può programmarla al di fuori del sottoprogramma in modo classico e poi procedere come sopra o altrimenti programmarla all'interno del sottoprogramma, in questo caso bisogna partire dalla figura fittizia ruotata di -22.5° come si vede nel disegno sotto. E' evidente che in questo secondo caso le istruzioni di programmazione calano in modo tanto più significativo quanto più complessa è la figura.

Le variazioni di programmazione sono evidenziate in grassetto.



(Programma 0050)

```

N05 G54
N10 M6 T2 G43 H3 (fresotto Φ6)
N15 S2000 F150 M3
N20 M98 P050051
N25 G0 Z30
N30 M30

```

(Sottoprogramma 0051)

```

N05 G91 G68 X10 Y10 R22.5
N10 G90 G0 X28.52 Y2.44 Z5
N15 G1 Z-2
N20 X70.09 Y-14.78
N25 G0 Z5
N30 G69 M99

```

Esercizio

Sviluppiamo adesso una lavorazione in cui è previsto l'uso di un sottoprogramma per realizzare figure uguali in punti diversi di un pezzo e con una figura in posizione ruotata di 90° rispetto alle altre.

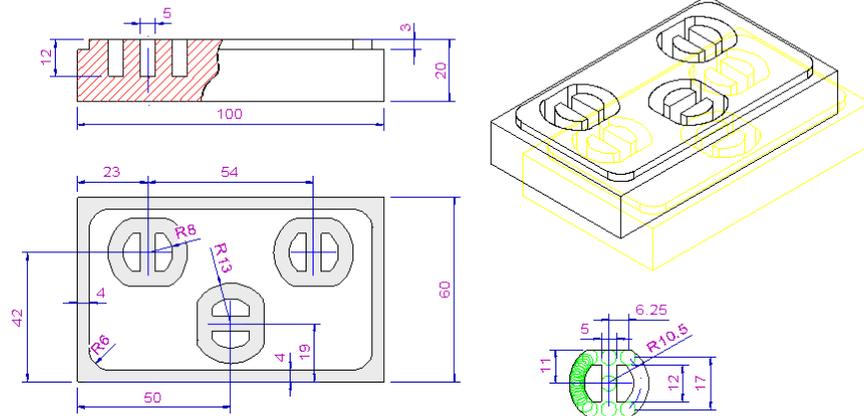
Utensili: T3 (Φ5mm)
T6 (Φ12mm)

In questo caso il sottoprogramma *deve* essere scritto in coordinate relative per poter essere utilizzato su posizioni diverse dello stesso pezzo, ma anche su pezzi diversi per dimensione e forma.

Lo zero pezzo viene identificato nell'angolo basso a sinistra.

Supponiamo di aver identificato il sottoprogramma con la sigla 0050

N05 G1 G91 Z-2 F30;
 N10 S1500 F90;
 N15 X0 Y8.5;
 N20 X-6.25 Y0;
 N25 G3 X0 Y-17 R10.5;
 N30 G1 X6.25 Y0;
 N35 X0 Y9;
 N40 X0 Y-9;
 N45 X6.25 Y0;
 N50 G3 X0 Y17 R10.5;
 N55 G1 X-6.25 Y0
 N60 X0 Y-8.5;
 N65 M99;
 %



N05 G54 (X0 Y-60 Z10);
 N10 M6 T6 G43 H11 M3;
 N15 S700 F70;
 N20 G0 X-8 Y10 Z0;
 N25 Z-3;
 N30 G1 G42 H12 X4;
 N35 Y4 R6;
 N40 X96 R6;
 N45 Y56 R6;
 N50 X4 R6;
 N55 Y10;
 N60 G0 G40 X-10;
 N65 Z40;
 N70 M6 T3 G43 H5 M3;
 N75 S1500 F90:
 N80 G0 X23 Y42 Z1;
 N85 G1 Z0;
 N90 M98 P06 0050;

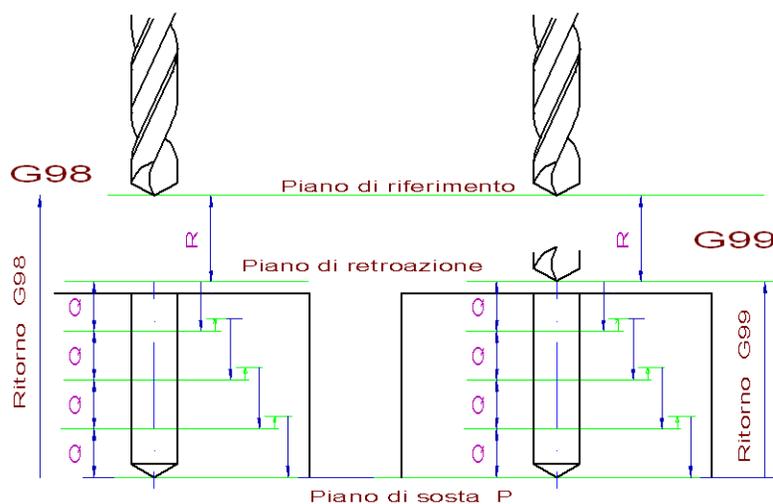
N95 G0 Z1;
 N100 X77 Y42;
 N105 G1 Z0;
 N110 M98 P06 0050;
 N115 G0 Z1;
 N120 X50 Y19;
 N125 G1 Z0;
 N130 G68 X50 Y19 R90;
 N135 M978 P06 0050;
 N140 G69;
 N145 G0 Z40;
 N150 M30;
 %

4.7.13 Cicli fissi o macro

I cicli fissi o macro, sono dei sottoprogrammi parametrizzati; sono attivabili dal programmatore per l'esecuzione di operazioni molto usate nelle lavorazioni meccaniche, quali forature, filettature, alesature, barenature, esecuzione di tasche etc.

Prima di affrontare l'argomento premettiamo il significato delle funzioni G98 e G99 che vengono usate associate ai cicli fissi.

- G98 dopo aver raggiunto la profondità di lavorazione l'utensile si ritrae sul piano di partenza (quota di sicurezza)
- G99 dopo aver raggiunto la profondità di lavorazione l'utensile si ritrae sul piano di ritrazione, definito con il parametro R (avvicinamento rapido dentro la macro)



Le funzioni dei cicli fissi sono:

G80 annullamento ciclo fisso

G81 ciclo fisso foratura poco profonda (profondità uguale all'incirca al diametro);
l'utensile raggiunge la profondità finale con l'avanzamento programmato e si ritrae
in rapido senza sostare sul fondo

N.....G98 (G99) G81 X....Y....Z..... R.....F.....K.....

X,Y - sono le coordinate del centro del foro;

Z - la profondità del foro (se passante comprende anche l'extracorsa);

R - definisce il piano di ritrazione (si raggiunge la quota definita in movimento
rapido e vi si ritorna con la G99);

F - avanzamento;

K - definisce il numero di ripetizioni del ciclo, vale a dire il numero di fori uguali
da fare a distanza uno dall'altro definita con X ed Y.

G82 ciclo fisso di foratura poco profonda con sosta detto anche ciclo di lamatura; l'utensile
raggiunge la profondità finale con l'avanzamento programmato, sosta ruotando per
pulire la superficie del foro, e si ritrae in rapido.

N.....G98 (G99) G82 X....Y....Z..... R....P....F.....K.....

P - rappresenta il tempo di sosta in fondo al foro in millesimi di secondo P1000=1sec

G83 ciclo fisso di foratura con rompitruciolo

Ad ogni penetrazione si risolve fino al piano di partenza per rompere il truciolo,
penetra ancora, ecc. fino alla profondità finale, poi si ritrae in rapido

Usando G73 al posto di G83 ad ogni penetrazione si risolve di 1mm, poi penetra
ancora, ecc. fino alla profondità finale.

N.....G98 (G99) G83 X....Y....Z..... R....Q....F.....K.....

Q - rappresenta il valore di ogni singola penetrazione

G84 ciclo fisso di maschiatura; occorre utilizzare un portamaschio con compensazione di
lunghezza. Gli **overrides** del mandrino e dell'avanzamento devono essere posizionati
su 100%.

L'utensile penetra ruotando in senso orario, con l'avanzamento programmato, alla
profondità Z, si ferma, sosta (P), commuta la rotazione in senso antiorario e si ritrae
sempre in avanzamento.

N.....G98 (G99) G84 X....Y....Z..... R....P....F.....K.....

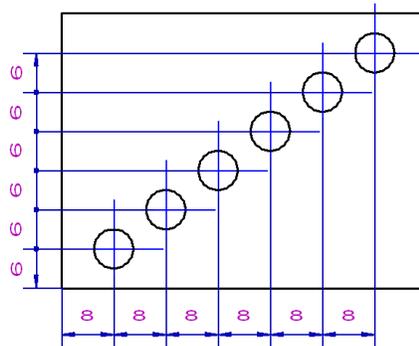
G85 ciclo fisso di alesatura; l'utensile raggiunge la profondità finale con l'avanzamento
programmato e, sempre in avanzamento, torna sul piano di ritrazione.

N.....G98 (G99) G85 X....Y....Z.....(R)....P....F.....K.....

- G86 ciclo fisso di foratura con arresto del mandrino e ritorno in rapido
- G87 ciclo fisso per gole in fori già esistenti
- G88 ciclo fisso di foratura con Stop programmato il ritorno è manuale
- G89 ciclo di alesatura con sosta

Il parametro **K** definisce il numero di ripetizioni, nella programmazione assoluta (G90) non ha senso lavorare diverse volte sullo stesso foro, ma con la programmazione incrementale (G91) l'utensile si muove ed esegue K volte fori uguali a distanze costanti X e Y.

Nella figura sottostante $K = 6$



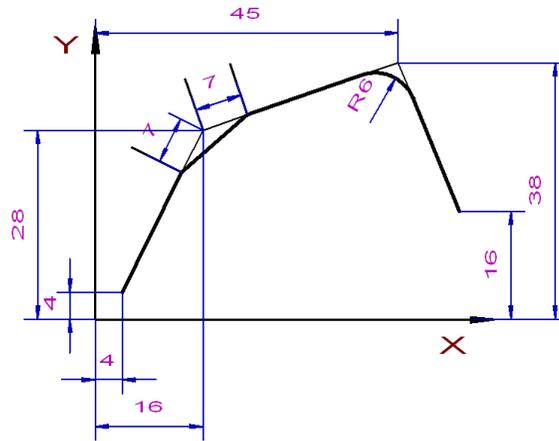
Il parametro **Q** definisce la penetrazione per passata (divisione del taglio)

Il parametro **P** definisce la sosta in fondo al foro in millisecondi (0.001 sec)

4.7.14 Smussi e Raccordi

Si definisce raccordo o smusso l'asportazione della stessa quantità di materiale su entrambi i segmenti presi in considerazione.

Con la programmazione del parametro **C** o del parametro **R** è possibile inserire rispettivamente uno smusso o un raggio tra due blocchi che prevedono movimenti G00 o G01.



Esempio:

```
G90
.....
N25 G0 X4 Y4
N30 G1 Z-2
N35 X16 Y28 C7
N40 X44 Y38 R6
N45 X54 Y16
.....
```

```
G91
.....
N25 G0 X4 Y4
N30 G1 Z-2
N35 G91 X12 Y24 C7
N40 X28 Y10 R6
N45 X10 Y-22
.....
```

4.7.15 Funzione di scala e di specchiatura G50-G51

Con la funzione G50 si annulla il fattore di scala o specchiatura, con la funzione G51 si può attivare il fattore di scala fino alla sua deselezionazione con G50.

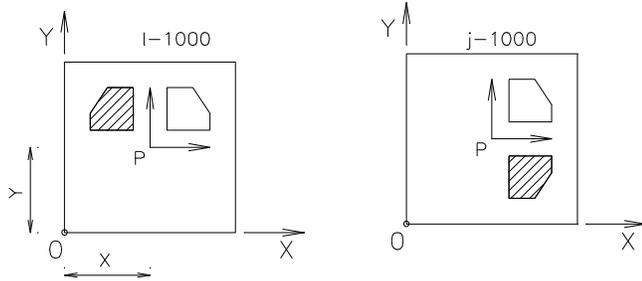
```
N..... G51 X...Y...Z... I...J...K...
```

Con X,Y,Z viene definito un punto base dal quale saranno calcolati tutti i valori, con I,J,K è possibile definire per ogni asse un fattore di scala (in 1/1000); esempio se si vuole raddoppiare una figura si avrà:

```
N...G51 X...Y...Z...I2000 J2000 K2000
```

Specchiatura di un contorno

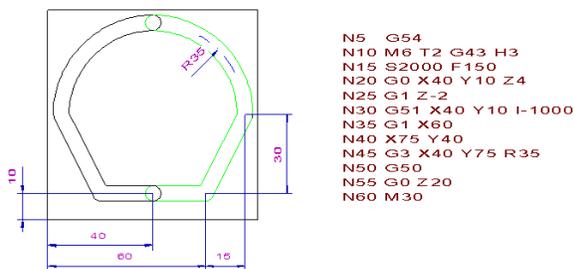
Se si programma una scala negativa, il contorno sarà specchiato intorno al punto base P_B. Ad esempio se si programma la scala **I-1000** tutte le posizioni X saranno specchiate rispetto al piano YZ, se si programma la scala **J-1000** tutte le posizioni Y saranno specchiate rispetto al piano ZX.



X e Y sono le coordinate del punto base della specchiatura

Da notare che questa funzione specchia la figura senza copiarla.

Nell'esempio è evidenziata marcata la figura ottenuta e sottile la figura programmata.

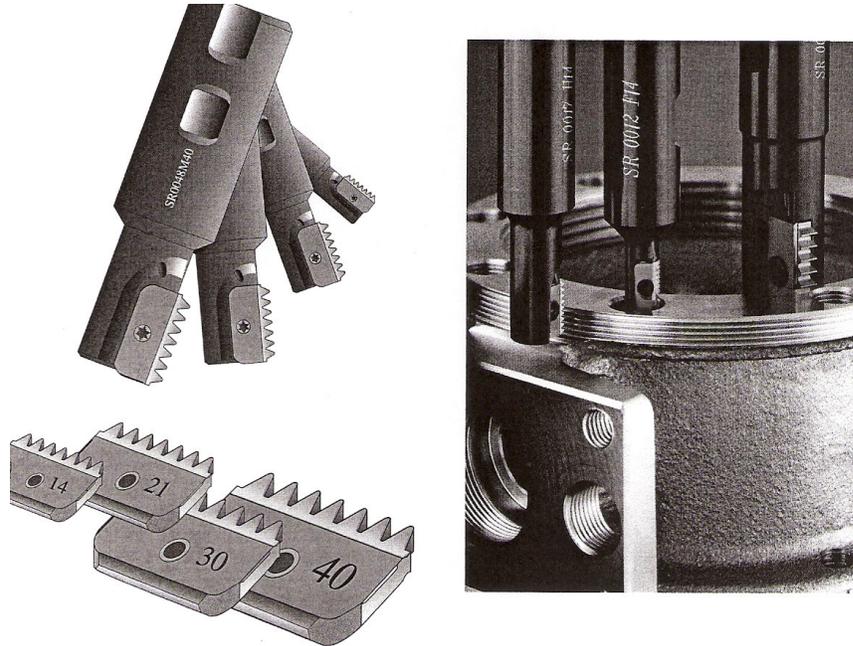


Nel caso il punto iniziale non giaccia sul piano di specchiatura occorre programmarlo come primo riga di posizionamento.

Sinceramente non si comprende un utilizzo razionale di tale procedura.

4.7.16 Programma CNC – per filettatura interna fresata

Vediamo questa interessante operazione effettuata grazie all'uso di inserti intercambiabili prodotti dalla CARMEX Precision Tools Ltd. utilizzando semplicemente i programmi di interpolazione elicoidale previsti nei CNC.



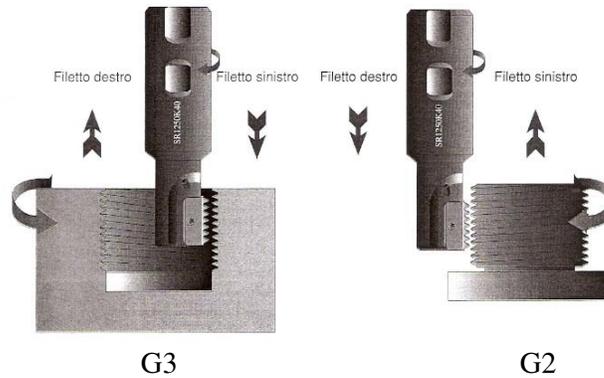
Elenchiamo alcuni vantaggi più significativi ottenibili con questa procedura:

- Con lo stesso porta-utensile e lo stesso inserto si possono produrre sia filettature destre che filettature sinistre.
- Con un unico porta-utensile e lo stesso inserto si può produrre il passo desiderato su molti diametri esterni ed interni
- Il filetto è ottenuto con una sola passata
- Aumento della produttività grazie alla aumentata velocità di taglio ed agli inserti in metallo duro multitagliente. Le velocità per filettare acciai sono superiori a 100 m/min
- Minor costo degli utensili rispetto a maschi e filiere

Ad esempio la filettatura interna destra si ottiene con fresatura ascensionale (dal fondo verso l'alto) mentre con il movimento di discesa dall'alto verso il basso si ottiene la filettatura sinistra. Esattamente l'inverso se operiamo per ottenere un filettatura esterna anziché interna.

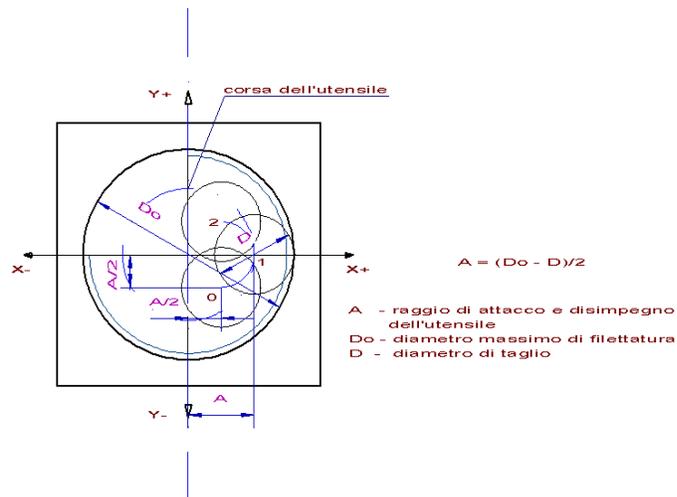
Filettatura interna

Filettatura esterna



ESEMPIO: Programma per l'esecuzione di una filettatura interna M32x2
 Profondità della filettatura 18mm
 CORPO FRESA: SR0021 H21 (SR sistema a vite; 0021 diametro di taglio 21mm;
 H21 indica la dimensione per la sede dell'inserto)
 INSERTO : 21 I 2.0 ISO (21mm lunghezza inserto; I per interni; 2mm passo;
 filettatura ISO)
 PREFORATURA: diametro 29,835 (dalle tabelle filettature a passo fine)

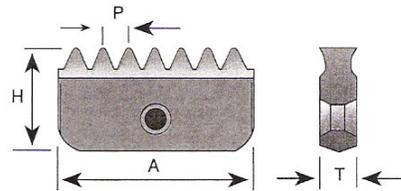
$$A = \frac{D_0 - D}{2} = \frac{32 - 21}{2} = 5.5mm \quad \frac{A}{2} = 2.75$$



```

N05 G54
N10 M6 T10 H19 G43 M3
N15 G0 X0 Y0 Z10 S2500
N20 G0 Z-18
N25 G91 G1 G41 D1 X2.75 Y-2.75 F85
N30 G3 X2.75 Y2.75 R2.75 Z0.25 (interpolazione elicoidale Z=1/8 del passo)
N35 G3 X0 Y0 I-5.5 J0 Z2
N40 G3 X-2.75 Y2.75 R2.75 Z0.5
N45 G1 G40 X-2.75 Y-2.75 Z0
N50 G0 X0 Y0 Z10
N55 M30
  
```

Naturalmente gli inserti sono disponibili per l'esecuzione di un qualsiasi tipo di filetto, abbiamo riportato a titolo di esempio, un estratto delle tabelle da catalogo Carmet per il profilo ISO.



		DIMENSIONE DELL'INSERTO = A				
Passo mm		12 mm	14 mm	21 mm	30 mm	40 mm
0.5	Esterno					
	Interno	* 12 I 0.5 ISO	14 I 0.5 ISO			
0.75	Esterno		14 E 0.75 ISO			
	Interno	* 12 I 0.75 ISO	14 I 0.75 ISO			
1.0	Esterno		14 E 1.0 ISO	21 E 1.0 ISO		
	Interno	* 12 I 1.0 ISO	14 I 1.0 ISO	21 I 1.0 ISO		
1.25	Esterno		14 E 1.25 ISO			
	Interno	* 12 I 1.25 ISO	14 I 1.25 ISO			
1.5	Esterno		14 E 1.5 ISO	21 E 1.5 ISO	30 E 1.5 ISO	40 E 1.5 ISO
	Interno	* 12 I 1.5 ISO	14 I 1.5 ISO	21 I 1.5 ISO	30 I 1.5 ISO	40 I 1.5 ISO
1.75	Esterno		14 E 1.75 ISO			
	Interno		14 I 1.75 ISO	21 I 1.75 ISO		
2.0	Esterno		14 E 2.0 ISO	21 E 2.0 ISO	30 E 2.0 ISO	40 E 2.0 ISO
	Interno		14 I 2.0 ISO	21 I 2.0 ISO	30 I 2.0 ISO	40 I 2.0 ISO
2.5	Esterno		14 E 2.5 ISO	21 E 2.5 ISO		
	Interno		14 I 2.5 ISO	21 I 2.5 ISO		
3.0	Esterno			21 E 3.0 ISO	30 E 3.0 ISO	40 E 3.0 ISO
	Interno			21 I 3.0 ISO	30 I 3.0 ISO	40 I 3.0 ISO
3.5	Esterno				30 E 3.5 ISO	40 E 3.5 ISO
	Interno			21 I 3.5 ISO	30 I 3.5 ISO	40 I 3.5 ISO
4.0	Esterno				30 E 4.0 ISO	40 E 4.0 ISO
	Interno				30 I 4.0 ISO	40 I 4.0 ISO
4.5	Esterno					
	Interno				30 I 4.5 ISO	40 I 4.5 ISO
5.0	Esterno					40 E 5.0 ISO
	Interno					40 I 5.0 ISO
5.5	Esterno					
	Interno					40 I 5.5 ISO
6.0	Esterno					40 E 6.0 ISO
	Interno					40 I 6.0 ISO
H mm		6.3	7.5	12	16	20
T mm		2.9	3.1	4.7	5.5	6.3

* Inserti con un solo tagliente.

ESEMPIO DI ORDINE: 30 INSERTI 14 I 1.5 ISO MT7

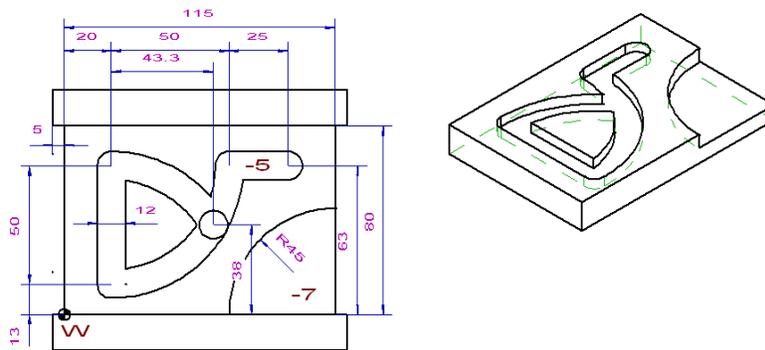
4.8 Esempi di programmazione c.n.c. fresatrice

4.8.1 Spianare, eseguire gola e fresatura d'angolo :

-utensile per spianare e fresare in angolo T78 Φ 40 mm

-utensile per gola T6 Φ 12mm

Il pezzo è montato nella morsa da cui sporge 6.5mm



```
N05 G54 (X5 Y-780 Z6)
N10 M6 T8 H15 G43 M3
N15 F100 S300
N20 G0 X-21 Y10 Z0
N25 G1 X136
N30 G0 Y40
N35 G1 X-21
N40 G0 Y70
N45 G1 X136
N50 G0 Z2
N55 X90 Y-21
N60 G0 Z-7
N65 G1 Y0
N70 G2 X115 Y25 R25
N75 G0 Z40 G49
N80 M6 T6 H5 G43 M3
N85 F100 S1200
N90 G0 X95 Y63
N95 G1 Z-5 F30
N100 G1 X70 F120
N105 G2 X20 Y13 R50
N110 G1 Y63
N115 G2 X63.3 Y38 R50
N120 G0 Z50 G49
N125 M30
```

4.8.2 Eseguire la lavorazione della piastra in alluminio a disegno con gli utensili:

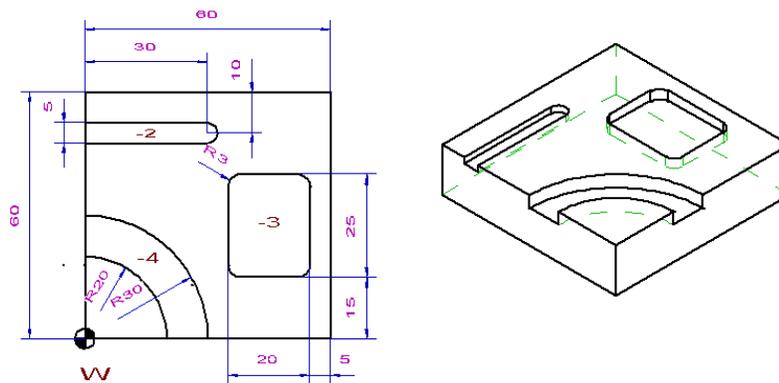
T8 fresa per spianatura dia. 40 mm

T3 fresa cilindrica dia. 5 mm

T5 fresa cilindrica dia. 10 mm

T2 fresa cilindrica dia. 6 mm

Montaggio a filo morsa e sporgente 6mm



N05 (lav.ne piastra alluminio 60X60mm)

N10 G54 (X0 Y-60 Z5)

N15 (spianatura con fresa Φ 40mm)

N20 T8 M6 M3 G43 H15

N25 S600 F200

N30 G0 X-25 Y45 Z5

N35 Z0

N40 G1 X85

N45 G0 Y15

N50 G1 X-22

N55 G0 Z50 M5

N60 (esecuzione arco)

N65 G54

N70 (fresa cilindrica Φ 10mm)

N75 T5 M6 G43 H9 M3

N80 S1800 F180

N85 G0 X-8 Y25 Z2

N90 Z-4

N95 G1 X0

N100 G2 X25 Y0 R25

N105 G1 Y-8

N110 G0 Z3

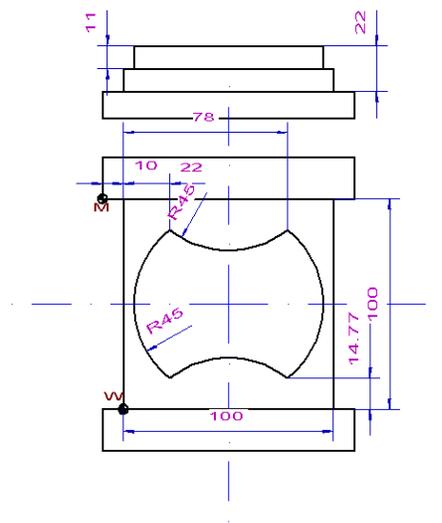
N115 X49 Y34

N120 G1 Z-3 F30
 N125 Y21
 N130 X41
 N135 Y34
 N140 X49
 N145 G0 Z40 M5
 N150 (fresa cilindrica Φ 6mm)
 N155 G54
 N160 T2 M6 G43 H3 S 2000 F150 M3
 N165 G0 X45 Y30 Z3
 N170 G1 Z-3
 N175 X38 Y37
 N180 X52
 N185 Y18
 N190 X38
 N195 Y37
 N200 G0 Z40 M5
 N205 G54
 N210 (fresa cilindrica Φ 5 mm)
 N215 T3 M6 G43 H5 M3
 N220 S2000 F150
 N225 G0 X-5 Y50 Z3
 N230 Z-2
 N235 G1 X30
 N240 G0 Z50 G49
 N245 M30

4.8.3 Lavorazione come a disegno del pezzo di acciaio dolce

UTENSILE T1 FRESA Φ 60 mm

UTENSILE T2 FRESA Φ 40 mm



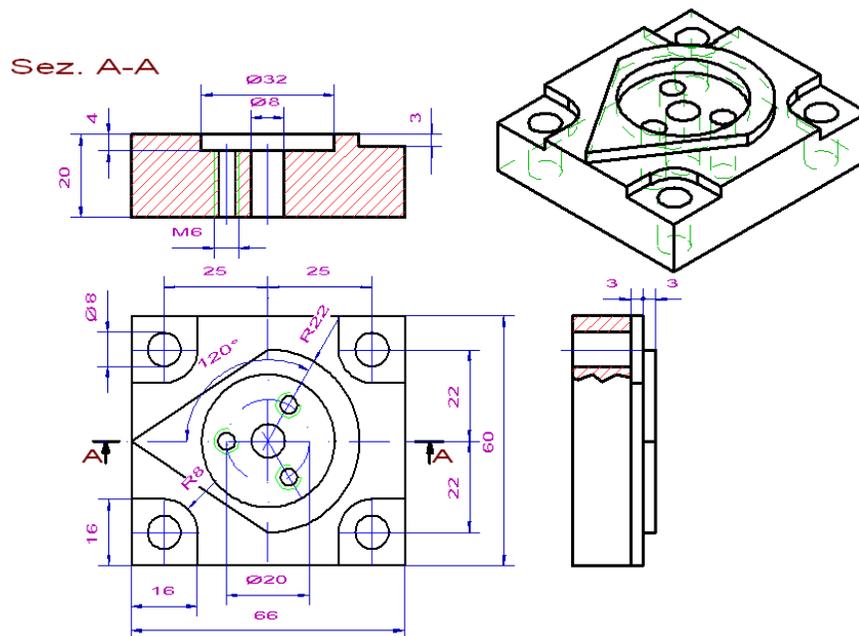
N05 G54 (X10 Y-100 Z21)

N10 T1 H1 M6 G43 M3
 N15 F150 S250
 N20 G0 X-32 Y25 Z0
 N25 G1 X132
 N30 G0 Y75
 N35 G1 X-32
 N40 G0 Z50
 N45 G49
 N50 T2 H3 M6 G43 M9
 N55 G0 X-21 Y50 Z0.5
 N60 G0 Z0
 N65 M98 P040050
 N70 G49
 N75 G0 Z50
 N80 M30

SOTTOPROGRAMMA (0050)

N05 F160 S400
 N60 G0 Z-2.5 G91
 N10 G1 G90 X5 Y50 G41 H4
 N15 G2 X22 Y85.23 I45 J0
 N20 G3 X78 Y85.23 R45
 N25 G2 X78 Y14.77 R45
 N30 G3 X22 Y14.77 R45
 N35 G2 X5 Y50 R45
 N40 G0 G40 X-21
 N50 M99

4.8.4 Ciclo di fresatura



10 – Operazione di spianatura	Fresa ϕ 40 (T8)
20 - Operazione di cortornatura	Fresa ϕ 40 (T8)
30 - Operazione di svuotatura (tasca) centrale	Fresa ϕ 12 (T6)
40 - Operazione di svuotatura spigoli	Fresa ϕ 12 (T6)
50 - Operazione di foratura	Fresa ϕ 8 (T4)
60 - Operazione di premaschiatura	Punta ϕ 4.2 (T1)
70 - Operazione di maschiatura	Maschio M6 (T2)

N05 G54 (X0 Y-60 Z9 – montaggio a filo morsa, sporgenza 10mm)

N10 T8 M6 H15 G43 M3

N15 S300 F120

N20 G0 X-21 Y15 Z0

N25 G1 X87

N30 G0Y45

N35 G1 X-21

N40 G0 Z2

N45 X33 Y-21

N50 Z-3

N55 G1 G42 H16 Y8

N60 G3 X33 Y52 R22 (o in alternativa a R 22: I0 J22)

N65 G1 X0 Y30

N70 X33 Y8

N75 G40 G0 Y-21

N80 G0 Z40 G49

N85 M6 T6 G43 H11 M3

N90 S1000 F80

N95 G0 X33 Y30 Z1

N100 G1 Z-4 F30

N105 Y40 F80

N110 G2 X33 Y40 I0 J-10

N115 G0 Z2

N120 X-7 Y0 (inizio svuotatura spigoli)

N125 Z-6

N130 G1 X10

N135 G1 Y8

N140 G3 X8 Y10 R8

N145 G1 X-7

N150 G0 Y60

N155 G1 X10

N160 G1 Y52

N165 G2 X8 Y50 R8

N170 G1 X-7

N175 G0 Z2

N180 G0 X73 Y60

N185 Z-6

N190 G1 X56

N195 Y52

N200 G3 X58 Y50 R8

N205 G1 X73

N210 G0 Y0

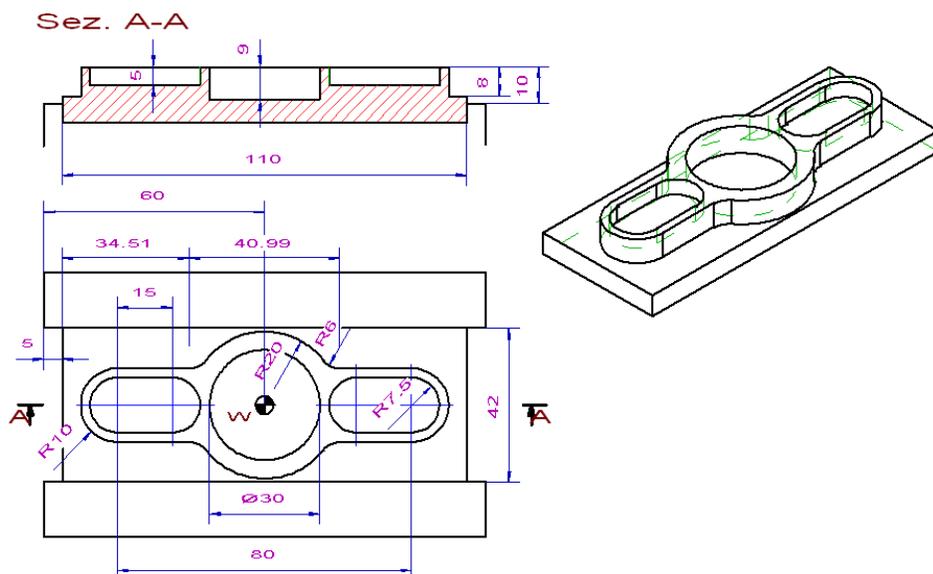
N215 G1 X56

N220 Y8
 N225 G2 X58 Y10 R8
 N230 G1 X73
 N235 G0 Z40 G49
 N240 M6 T4 G43 H7 M3 (esecuzione fori (esecuzione fori $\Phi 8$)
 N245 S1800 F30
 N250 G83 X33 Y30 Z-22 R-3 Q4 K1 G98
 N255 X8 Y8 R-5
 N260 Y 52
 N265 X58
 N270 Y8
 N275 G0 G80 G49 Z40
 N280 M6 T1 G43 H1 M3 (esecuzione fori $\Phi 4.2$)
 N285 S2200 F30
 N290 G83 X23 Y30 Z-22 R-3 Q4 K1 G98
 N295 X38 Y38.66
 N300 X38 Y21.34
 N305 G0 G80 G49 Z40
 N310 M6 T2 H3 G43 M3 (esecuzione maschiatura M6)
 N315 G84 X23 Y30 Z-25 R1 F1 P1000 K1 G99
 N320 X38 Y38.66
 N325 X38 Y21.34 G98
 N330 G0 G80 G49 Z40
 N335 M30

4.8.5 Grezzo di partenza: Piastrina 104x42x15 spianata

Con la fresa T6 di $\Phi 12$ mm si eseguono la scontornatura e la tasca centrale di diametro 30 mm

Con la fresa T4 di $\Phi 8$ mm si eseguono le tasche laterali



N05 G54 (X60 Y-21 Z10)
N10 M6 T6 H11 G43 M3
N15 F120 S1200
N20 G0 X-62 Y0 Z1
N25 Z0
N30 M98 040060
N25 G0 Z1
N30 X0 Y0
N35 G1 Z0
N40 M98 040061
N45 G0 Z40 G49
N50 M6 T4 G43 H7 M3
N55 S1800 F30
N60 G0 X-40 Y0 Z1
N65 G1 Z-5
N70 Y3.5 F60
N75 X-25
N80 G2 X-25 Y-3.5 R3.5
N85 G1 X-40
N90 G2 X-40 Y3.5 R3.5
N95 G0 Z1
N100 X40 Y0
N105 G1 Z-5 F30
N110 G1 Y3.5 F60
N115 G2 X40 Y-3.5 R3.5
N120 G1 X25
N125 G2 X25 Y3.5 R3.5
N130 G1 X40
N135 G0 Z30 G49
N140 M30

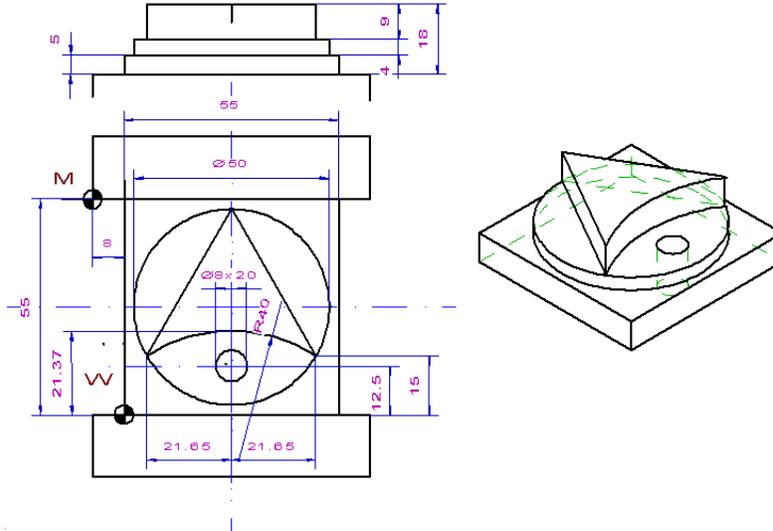
Sottoprogramma 0060

N05 G91 G0 Z-2
N10 G90 G1 G41 H12 X-50 Y0
N15 G2 X-40 Y10 R10
N20 G1 X-20.5
N25 G2 X20.5 Y10 R20
N30 G1 X40
N35 G2 X40 Y-10 R10
N40 G1 X20.5
N45 G2 X-20.5 Y-10 R20
N50 G1 X-40
N55 G2 X-50 Y0
N60 G0 G40 X-62
N65 M99

Sottoprogramma 0061

N05 G1 G91 Z-2.25 F30
N10 G90 G1 X0 Y9 F60
N15 G2 X0 Y9 I0 J-9
N20 G1 Y0
N25 M99

Utensili: T8 ϕ 40 mm
T4 ϕ 8 mm



N05 G54 (X8 Y-55 Z18)
N10 M6 T8 H15 G43 M3
N15 F150 S 750
N20 G0 X-21 Y27.5 Z0
N25 M98 P040040
N30 G0 G49 Z4
N35 G0 X27.5 Y-21
N40 Z0
N45 M98 P030050
N50 G0 Z50 G40 G49
N55 M6 T4 H7 G43 M3
N60 S2400 F30
N65 G83 X27.5 Y12.5 Z-20 R-6 K1 Q4 G98
N70 M30

Sottoprogramma 0040

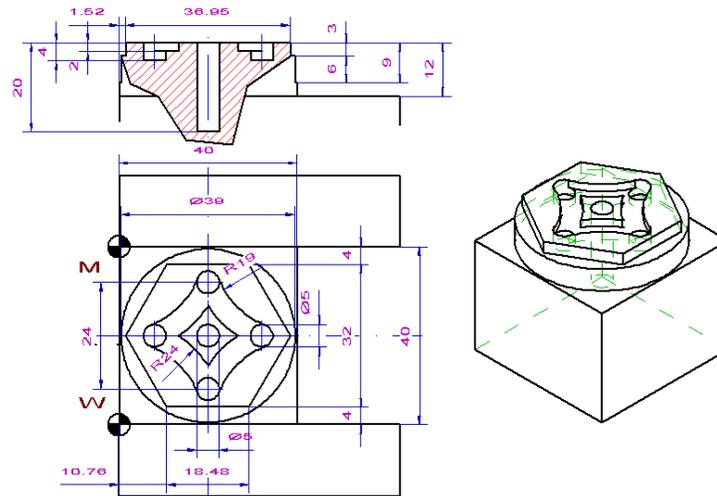
N05 G1 G91 Z-3.25 F30
N10 G90 G41 G1 X2.5 Y27.5 H16 F180
N15 G2 X2.5 Y27.5 I25 J0
N20 G0 G40 X-21
N25 M99

Sottoprogramma 0050

N05 G1 G91 Z-3 F30
N10 G90 G41 H16 G1 X27.5 Y21.37 F180
N10 G3 X5.85 Y15 R40
N15 G1 X27.5 Y52.5
N20 X49.15 Y15

N25 G3 X27.5 Y21.37 R40
N30 G0 Y-21
N35 M99

4.8.7 Lavorazione prisma in alluminio



N05 (lavorazione quadro con cornice)
N10 G55 (X0 , Y-40, Z13)
N15 (spianatura)
N20 M6 T8 (fresa Φ 40mm) G43 H15 M3
N25 S600 F150
N30 G0 X-21 Y5 Z1
N35 Z0
N40 G1 X61
N45 G0 Y35
N50 G1 X-21
N55 G0 Z50 G49
N60 M6 T5 (fresotto Φ 10mm) G43 H9 M3
N65 S2000 F120
N70 G0 X-6 Y20
N75 Z-3
N80 G41 H10 G1 X0.5
N85 G2 X0.5 Y20 I19.5 J0
N90 G0 G40 X-6
N95 Z-6
N100 G1 X0.5 G41 H10
N105 G2 X0.5 Y20 I19.5 J0
N110 G0 G40 X-6
N115 Z-9
N120 G1 X0.5 G41 H10
N125 G2 X0.5 Y20 I19.5 J0

N130 G0 G40 X-10 Y-10
 N135 Z-3
 N140 X20 Y-6
 N145 G1 G41 H10 Y4
 N150 X10.76
 N155 X1.52 Y20
 N160 X10.76 Y36
 N165 X29.24 Y36
 N170 X38.48 Y20
 N175 X29.24 Y4
 N180 X20
 N185 G0 G40 Y-10
 N190 Z50 G49
 N195 M6 T3 (fresotto Φ 5mm) G43 H5 M3
 N200 G0 X20 Y8
 N205 G1 Z-4 F40
 N210 G0 Z-2
 N215 G3 X8 Y20 R21.5 F120
 N220 G1 Z-4 F40
 N225 G0 Z-2
 N230 G3 X20 Y32 R21.5 F120
 N235 G1 Z-4 F40
 N240 G0 Z-2
 N245 G3 X32 Y20 R21.3 F120
 N250 G1 Z-4 F40
 N255 G0 Z-2
 N260 G3 X20 Y8 R21.5 F120
 N265 G0 Z10
 N270 G83 X20 Y20 Z-20 R1 Q3 K1 F40 G98
 N275 G49 M30

4.8.8 Si voglia eseguire il pezzo in alluminio sottostante in cui l'esagono è iscritto nel cerchio il quale sia al centro di un quadrato di lato 40mm.

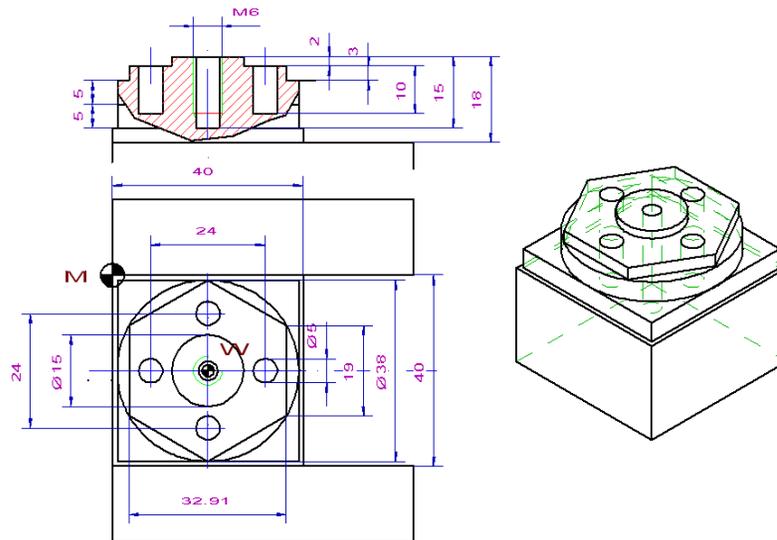
A tale scopo si sceglie lo zero pezzo al centro della figura. Lo zero macchina è trasferito nell'angolo fisso della morsa e il pezzo è allineato con le ganasce e fuoriesce dalle stesse di 19mm circa

Ciclo di lavoro:

- a – spianatura con fresa T8 (ϕ 40mm)
- b – con tornatura diametro 15mm profonda 2 con fresa T8 (ϕ 40mm)
- c – contornatura quadra lato 38mm profonda 15mm con T6 (ϕ 12)
- d – contornatura circolare diametro 38mm profonda 10mm con T6 (ϕ 12)
- e – contornatura esagonale con T6 (ϕ 12mm)

Le fasi di programmazione possono così riassumersi:

- 1 – richiamo impostazioni origine punto “0” pezzo
- 2 – scelta dell’utensile
- 3 – impostazioni parametri tecnologici di lavorazione
- 4 – avvicinamento utensile
- 5 – lavorazione
- 5 – allontanamento



N05 G57 (X20 Y-20.5 Z18)
 N10 M6 T8 G43 H15 M3
 N15 S600 F120
 N20 G0 X42 Y-10 Z0
 N25 G1 X-42
 N30 G0 Y10
 N35 G1 X42
 N40 G0 Y0
 N45 G0 Z-2
 N50 G1 X27.5
 N55 G3 X27.7 Y0 I-27.5 J0
 N60 G0 G49 Z40
 N45 M6 T6 G43 H11 M3
 N50 S2000 F150
 N55 G0 X30 Y0 Z2
 N60 Z0
 N65 M98 P030011
 N70 G0 Z0
 N75 M98 P050012
 N80 G0 Z-5
 N85 G1 G42 H12 X16.45
 N90 G16 X19 Y30 (coordinate polari)
 N95 Y90
 N100 Y150

N105 Y210
N110 Y270
N115 Y330
N120 G15 G1 X16.45
N125 G0 Z40 G49
N130 M30

Sottoprogramma 0011 (quadrato)
N5 G91 G0 Z-5
N10 G90 G1 G42 H12 X19
N15 Y19
N20 X-19
N25 Y-19
N30 X19
N35 Y0
N40 G0 G40 X30
N45 M99

Sottoprogramma 0012 (circolare)
N5 G91 G0 Z-2
N10 G90 G42 G1 H12 X19
N15 G3 X19 Y0 I-19 J0
N20 G0 G40 X30
N25 M99

5.0 Programmazione Tornio CNC

Il tornio a C.N.C. oltre a possedere le caratteristiche generali delle macchine a controllo numerico illustrate precedentemente, nella sua continua evoluzione presenta altre importanti proprietà quali:

- Grande flessibilità di lavorazione con utensili più disparati, alcuni di questi sono motorizzati, così da consentire di ottenere su un tornio fresature e forature radiali senza dover spostare i pezzi da una macchina all'altra. Attrezzare un tornio con utensili motorizzati ha certamente un costo ma presenta innegabili vantaggi.

Nei torni a CNC più evoluti si è affermato il doppio mandrino (doppia fantina), uno possiede solo il moto di rotazione e l'altro contrapposto possiede anche il moto di avanzamento lungo l'asse z in modo da permettere il passaggio del pezzo da un mandrino all'altro per lavorarlo su entrambe le facce.

Questi torni possiedono in genere due torrette portautensili che oltre a ruotare ed avanzare lungo l'asse z possono anche scorrere su slitte trasversali.

5.0.1 Operazioni preliminari

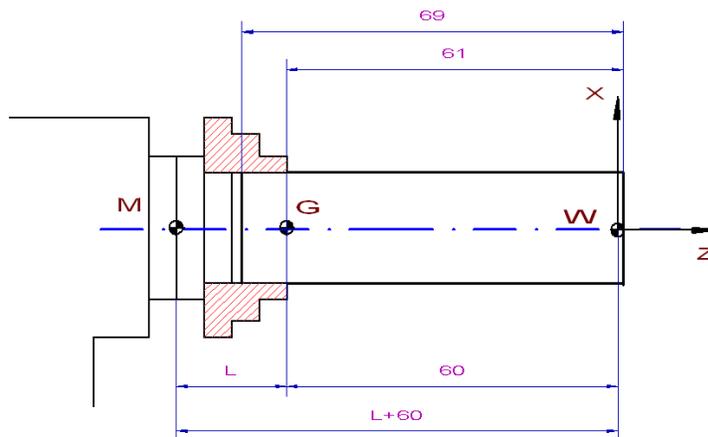
Prima di eseguire la lavorazione del pezzo è opportuno seguire le seguenti operazioni:

- a. Definizione della lavorazione in funzione del pezzo
- b. Scelta degli utensili da utilizzare
- c. Definizione del dispositivo di bloccaggio ed eventualmente di attrezzatura
- d. Scrittura del programma

- e. Caricare il programma nella memoria del CNC
- f. Montare (se non è già predisposto) il dispositivo di bloccaggio del pezzo
- g. Regolare la pressione di serraggio e della contropunta (per le macchine che hanno il dispositivo)
- h. Montare gli utensili sulla torretta
- i. Azzerare gli utensili
- j. Impostare lo zero pezzo (quando è previsto fuori programma)
- k. Testare il programma a vuoto o sul simulatore della lavorazione meglio blocco a blocco
- l. Correggere il programma se necessario
- m. Eseguire la lavorazione
- n. Misurare le quote e correggere eventualmente i valori con la correzione utensili
- o. Misurare spesso i pezzi ottenuti e correggere le quote agendo sul correttore Usura Utensili (se disponibile)

5.1 Punti di riferimento

Gli zeri caratteristici sono collocati sull'asse del mandrino, lo zero macchina è un punto fisso stabilito dal costruttore, in genere sulla flangia terminale del mandrino; lo zero griffe dista dalla zero macchina di una lunghezza L.



M – zero macchina
 G - zero riferimento griffe
 W – zero pezzo

Dallo zero macchina allo zero griffe si va dal controllo macchina col registro interno. Dallo zero griffe allo zero pezzo ci andiamo all'interno del programma con la funzione G92 che è l'analogo della G54-G55.....G59 sulla fresa.

N05 G92 W-60 (Fanuc vuole il valore negato)

Da notare che anche nel tornio si hanno a disposizione quattro registri per memorizzare altrettanti differenti zero offset. Una volta immesso lo zero nel registro, quest'ultimo può essere richiamato all'interno del programma (G54-57) e lo zero delle coordinate viene

traslato dallo zero macchina allo zero pezzo. Lo zero pezzo può a sua volta essere spostato all'interno del programma con gli zero offset programmabili G58 e G59.

La posizione dello zero sulla superficie sfacciata è la più comoda per la programmazione. Talora, quando si lavora a griffe rovesciate, e il pezzo è montato a battuta contro queste, lo zero può essere convenientemente scelto sulla superficie di battuta.

Avvicinamento al punto di riferimento G28

Con G28 verrà raggiunto il punto di riferimento passando per una posizione intermedia (X,Y,Z). Ci sarà prima un movimento a X,Y,Z, e successivamente l'avvicinamento al punto di riferimento. Entrambi i movimenti avvengono in G0. Lo spostamento G92 verrà cancellato.

Non è necessario usare questa funzione.

5.2 Registro correzione utensili sul tornio

La funzione "T" serve per attivare il cambio utensile del tornio a CNC, in altre parole la funzione T abbinata ad un numero da 1 a n (n-numero massimo del dispositivo portautensili) attiva la traslazione dell'utensile in una appropriata zona di cambio e la rende effettivamente disponibile (non occorre M6 come nella fresa).

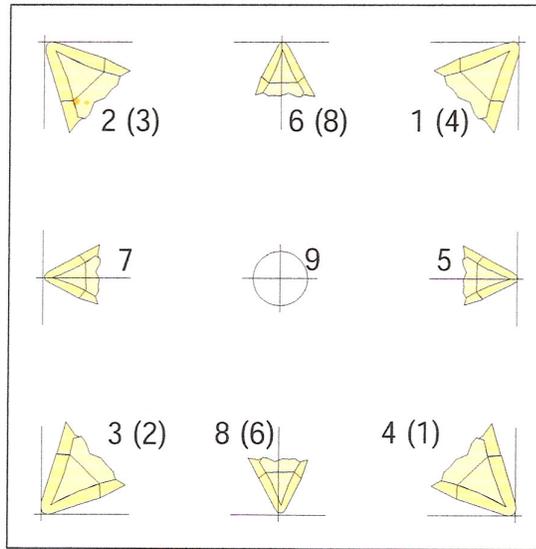
Esempio:

T02 02

- le prime due cifre individuano la posizione dell'utensile dell'utensile **2** (sulla torretta)
- la terza e la quarta cifra individuano la correzione della geometria e dell'usura dell'utensile (quest'ultima non c'è nel simulatore). Questi dati vengono immessi nell' OffSet Wear ed è qui che si effettuano le correzioni dei dati utensili se immessi in modo impreciso o se si vuole correggere l'usura dell'utensile.

La posizione del tagliente dell'utensile viene indicata attraverso un indice secondo lo schema di posizionamento. Bisogna considerare l'utensile come viene serrato nella macchina, per determinare la posizione del tagliente. Occorre osservare la posizione del tagliente dalla testa della macchina.

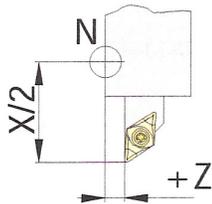
Per macchine nelle quali l'utensile è al di sotto (davanti) al centro di rotazione si devono usare i valori tra parentesi a causa della inversione della direzione +X.



Registro di correzione utensili: si associa il n° di registro 2 all'utensile in posizione 2 sulla torretta per una facile memorizzazione.

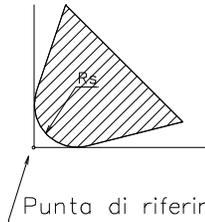
02	X	Z	R	T
registro ...	quota	quota	raggio	posizione tagliente

Le quote X e Z sono date rispetto al punto zero utensile stabilito dal costruttore.



N – è lo "0" utensile

Il presetting degli utensili è una operazione importante per evitare errori durante le lavorazioni, è assolutamente necessario impostare manualmente il raggio dell'utensile per lavorare con la compensazione. I raggi degli inserti commerciali variano fra 0.4 e 1.6mm. Le misure dell'utensile vengono rilevate otticamente, eseguendo una collimazione fra punta del tagliente e mirino del collimatore



Punta di riferimento per il controllo
 è il punto preso a riferimento per la valutazione dello spostamento

UTENSILI	X	Z	R	T(posizione)	Note	Senso rotaz.
T1	0.000	0.000	0.000	0		
T2	15.896	6.162	0.200	3	finitore	M3
T3	2.989	-4.070	0.200	8	simmetrico	M4
T4	0.000	55.277	0.000	7	punta Φ 10	M3
T5	21.086	0.978	0.100	8	filett.esterno passo 1.75(max)	M3
T6	12.769	32.469	0.200	3	finitore interno	M4
T7	0.000	0	0.000	0	vuoto	
T8	14.639	6.260	0.100	3	troncatore	M4

5.3 Istruzioni di programmazione

Premettiamo che nei torni usualmente la velocità di avanzamento “F” è espressa in mm/g ossia è programmato l’avanzamento (G95), solo se vogliamo passare a mm/m occorre attivare la G94. Quest’ultima è utilizzata nei torni dove è possibile realizzare lavorazioni a mandrino fermo con utensili motorizzati .

La velocità “S” può essere espressa in m/min (G96) lavorazione a velocità di taglio costante, in tal caso i giri cambiano automaticamente cambiando il valore del diametro; ovviamente nella operazione di sfacciatura i giri si arrestano ad un valore massimo previsto dal costruttore. Se si vuol lavorare a giri costanti si programma G97.

Alla accensione la macchina si trova in G97 quindi , in tal caso quando si programma “S” occorre ricordarsi di esprimerla in giri/1’ se si passa a G96 la velocità “S” andrà espressa in m/1’. Quando si lavora con le punte, sull’asse del pezzo, occorrerà naturalmente programmare la lavorazione con G97.

Esempio:

G96 S m/1’ normalmente utilizzata in tornitura di pezzi medi e grandi
 G97 S..... giri/1’ normalmente utilizzata in foratura, maschiatura, filettatura e tornitura di pezzi di piccole dimensioni

Il numero di giri massimo può essere programmato ad un valore diverso dal max della macchina, in un blocco a ciò dedicato con:

.....
 N 80 G92 S 3000

La G92 non limita la rotazione quando impostata a giri costanti (G97). Il reset e la funzione M30 annullano la limitazione dei giri del mandrino.

Se si vuol fermare la rotazione del mandrino si programma M5 in un blocco da solo, oppure unitamente ad un movimento rapido.

La funzione G4 “tempo di sosta” ha la funzione di fermare l’esecuzione del programma (ad esempio sul fondo di una gola, oppure dopo una funzione M come l’apertura o chiusura della pinza (tempo massimo 99999 sec). La durata della sosta viene espressa in secondi dal valore di U che segue l’indirizzo G4, scritto in un blocco a sè.

Es. : G4 U6 fermata di 6 secondi; se il mandrino compie ad esempio 480g/1’ in un secondo fa $480/60 = 8$ giri, quindi complessivamente l’istruzione data permette una sosta di 48 giri.

5.3.0 Coordinate per il movimento degli assi

Si possono utilizzare per programmare le coordinate assolute oppure le relative le funzioni G90 programmazione assoluta e G91 programmazione relativa già viste in fresatura, ma nel tornio è molto più comodo usare la seguente notazione per raggiungere un certo indirizzo:

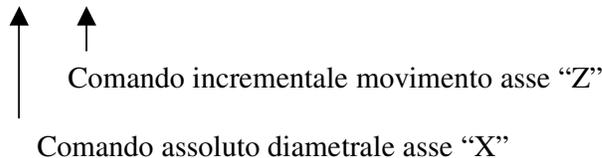
Indirizzo “ X(U) – Z(W)

Nel comando assoluto viene programmato il punto di arrivo dell’utensile riferito allo zero pezzo. Nei comandi incrementali viene programmata la distanza da percorrere rispetto all’ultimo punto programmato

Comando Assoluto	Comando Incrementale	Note
X	U	Comando di movimento asse X
Z	W	Comando di movimento asse Z

Nota: - il valore di “U” è diametrale come l’indirizzo “X”
nello stesso blocco si possono usare comandi assoluti e incrementali

Esempio:G1 X40 W-40

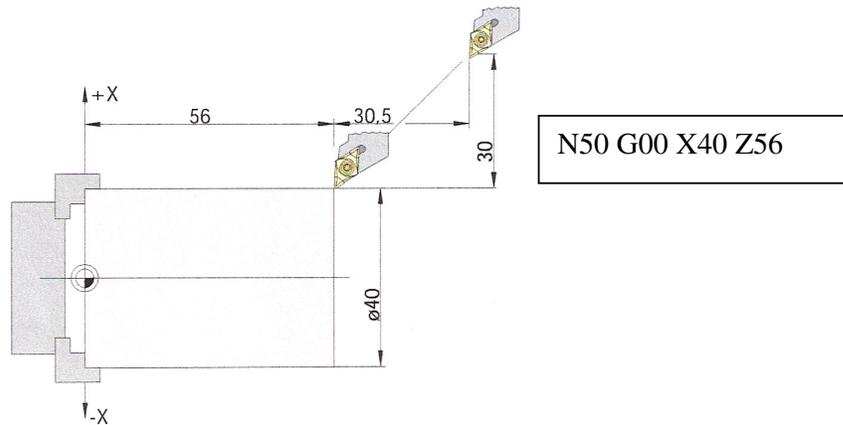


5.3.1 Movimento rapido G00

Sintassi: N.....G0 X.....W.....

Le slitte vengono traslate alla massima velocità sul punto di destinazione programmato o sul previsto punto di cambio utensile. La velocità di spostamento rapido è caratteristica della macchina ed è stabilita dal costruttore.

Nell'esempio sotto abbiamo preso lo zero pezzo in uno dei due modi consigliati in precedenza.

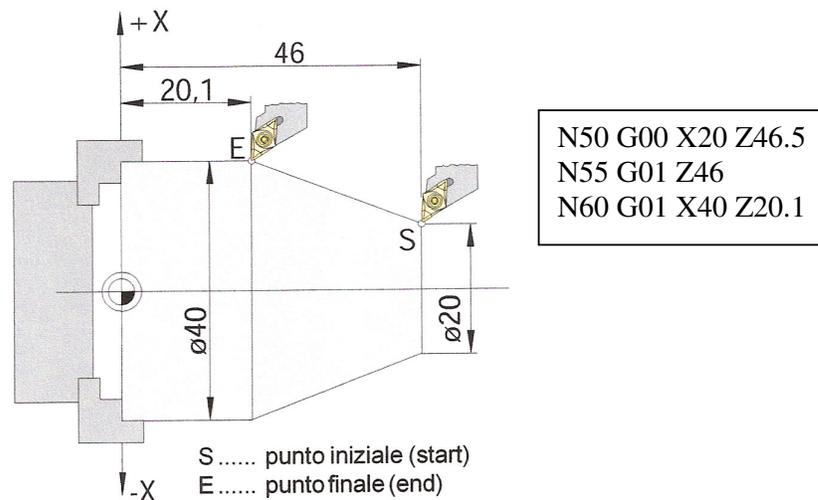


meglio programmare qualche decimo in più su Z, perché alcuni controlli in rapido sulla misura esatta segnalano collisione.

5.3.2 Movimento di lavoro G01

Sintassi: N...G01 X...W.....

La velocità di avanzamento è quella stabilita nel programma con F.....



5.3.3 Interpolazione circolare oraria G2 e antioraria G3

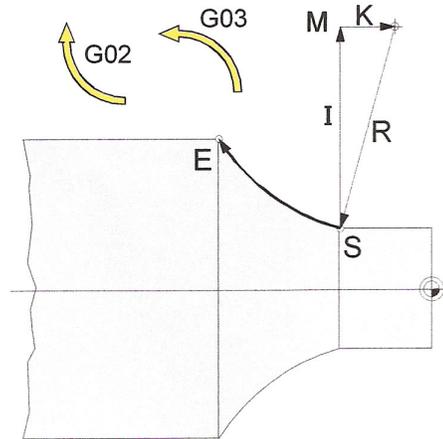
Sintassi: N.....G2 (G3) X.... Z.....I.....K

oppure

G2 (G3) X....Z.....R.....

ove X, Z sono le coordinate finali dell'arco

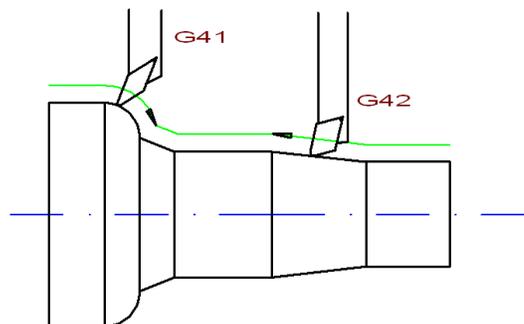
I, K sono le coordinate relative, rispetto all'inizio dell'arco, del centro dell'arco stesso



5.3.4 Compensazione del raggio del tagliente

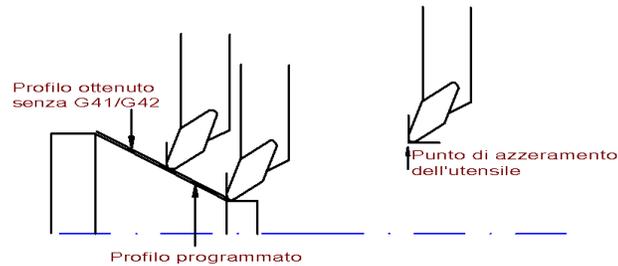
Come per la fresatrice con G41 si effettua la compensazione a sinistra del raggio con la G42 si effettua la compensazione a destra e con G40 si deselecta la compensazione.

Da notare che nei torni a CNC in genere la torretta degli utensili è dalla parte opposta rispetto ai torni tradizionali, per cui la tornitura verso il mandrino ha l'utensile a destra del pezzo, quindi G42.



Eccettuate lavorazioni di tornitura cilindrica e di sfacciatura, il profilo ottenuto dall'utensile corrisponde a quello programmato solo se lo spigolo tra il tagliente principale e quello secondario è vivo. Gli spigoli degli utensili sono sempre raggati, per cui nella lavorazione si verifica un errore di profilo se non si adottano accorgimenti di programmazione. Tali

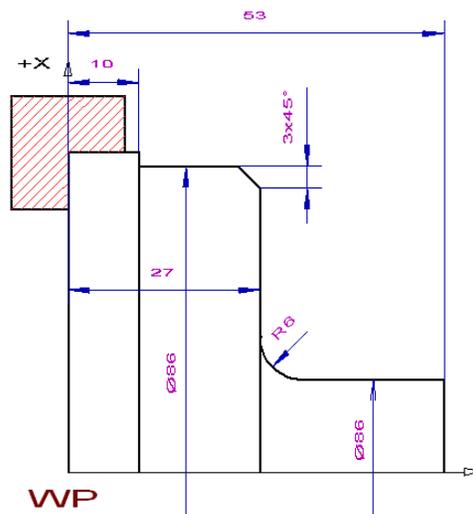
accorgimenti se fatti dal programmatore implicano calcoli anche complessi ed inutili perdite di tempo, per cui ormai tutti i controlli adottano la correzione automatica.



Il FANUC usa la funzione di compensazione raggio utensili a sinistra del profilo G41 e la compensazione raggio utensili a destra del profilo G42 per evitare errori nelle lavorazioni coniche, di raggiatura e di contornatura.

5.3.5 Inserimento di smussi e raccordi

Si possono inserire solo fra funzioni di movimento G0 e G1 esecuzioni di smussi (C) e raggi (R) con una programmazione molto semplice



ESEMPIOI

```

.....
N 50 G0 X26 Z54
N 55 G1 X26 Z27 R6
N60 G1 X86 C3
N65 G1 Z10
    
```

5.3.6 Ciclo di filettatura con un'unica passata G33

N.....G33 X.....Z.....F

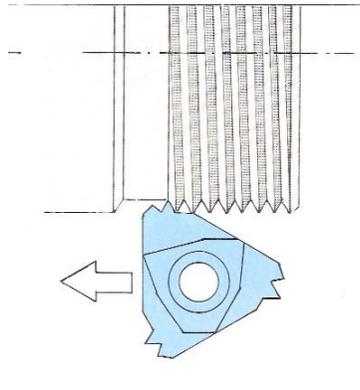
X rappresenta il diametro di fondo della filettatura da fare

Z la lunghezza di filettatura

F avanzamento = passo vite

Può utilizzarsi proficuamente con l'uso di inserti multipli. I denti sono profilati in modo tale che il secondo dente penetra di più del primo e se c'è il terzo questo penetra di più del secondo. Soltanto l'ultimo dente ha il profilo di filettatura completo. Le possibilità di impiego sono limitate da:

- occorre uno scarico in corrispondenza della fine della filettatura, in grado di contenere tutta la fila dei denti
- si usa in genere per piccoli passi perché richiede notevoli sforzi di taglio e quindi occorrono condizioni di lavoro con buona rigidità.



A causa della mancanza del ritorno automatico al punto di partenza, si preferisce il ciclo di filettatura multiplo G78 che consente anche l'utilizzo di inserti monotagliante in quanto realizzato in più passate.

5.3.7 Ciclo di filettatura multiplo G78

L'utensile viene posizionato sul punto P_0 (coordinata X uguale al diametro esterno per la vite e diametro interno per la madrevite e coordinata $Z = 2P$ dove P è il valore del passo)

Le successive fasi gestite dal ciclo sono:

1. avanzamento rapido per ottenere le profondità di passata sui punti P_1 , P_5 , P_9 etc. effettuato lungo il fianco del filetto (entrata in scivolata), con valori decrescenti per ottenere passate di eguale sezione
2. tornitura della prima passata fino al punto P_2
3. arretramento rapido fino al punto P_3 di svincolo
4. ritorno rapido al punto P_4
5. avanzamento rapido al punto P_5 per iniziare un'altra passata
6. ripetizione delle fasi precedenti fino al completamento della filettatura

Durante l'esecuzione delle filettature è bene impostare la programmazione con la funzione G97 (rotazione in giri/min costanti) e non la G96 (velocità in m/min costante) al fine di non variare continuamente il numero di giri per effetto della variazione del diametro

La funzione G78 è disposta su due blocchi successivi:

N....G78 P.... Q.....R.....

N....G78 X.... Z.... R.... P.... Q.... F....

1° blocco:

- **Pxxxxxx** è un parametro costituito da 6 cifre che hanno un proprio significato prese 2 a 2
 - le prime due cifre di questo parametro definiscono il numero di passate di finitura (es. 4 passate : 04);
 - le seconde due cifre definiscono lo smusso d'uscita $P_F = (F) (P_{xxXXxx})/10$ vale a dire che se il gruppo delle seconde cifre è 08 e il passo della vite F è 2 lo smusso d'uscita è 1.6
 - le terze due cifre rappresentano l'angolo dei fianchi di filettatura se metrica 60
- **Q** rappresenta la profondità minima di taglio (passata) espressa in **micron**
- **R** rappresenta il sovrametallo di finitura qualora si intenda ripassare sopra il filetto altrimenti si pone 0

2° blocco:

- **X** valore del diametro di nocciolo della filettatura (dalle tabelle unificate delle filettature)
- **Z** valore del punto di fine filettatura
- **R** (mm) è uguale a zero se la filettatura è cilindrica
- **P** (micron) profondità del filetto (dalle tabelle)
- **Q** (micron) profondità del primo taglio della prima passata di filettatura
- **F** passo della filettatura

Sintassi (M24x1.5) :

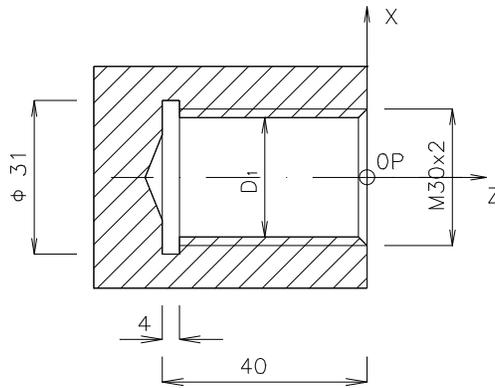
G78 P030560 Q150 R0

G78 X22.160 Z-34 R0 P920 Q300 F1.5

Attenzione in relazione al tipo di posizione dell'utensile sulla torretta occorre impostare il corretto senso di rotazione M3 o M4. Essendo gli utensili in posizioni diverse all'interno di ogni programma occorre cambiare più volte il senso di rotazione.

Esempio

Eeguire la filettatura sul pezzo sotto rappresentato; dalle tabelle il diametro di nocciolo della madrevite è $D_1 = 27.835\text{mm}$



```

.....
N40 T0404 S300 G97
N45 G0 X27.835 Z4
N50 G78 P040860 Q100 R0.4
N55 G78 X30 Z-36 R0 P1227 Q300 F2
N60 G0 X100 Z50 M5
.....

```

5.3.8 Ciclo di sgrossatura longitudinale G73

Si esegue in due blocchi consecutivi, esempio

```

N45 F0.4 S70 G96
N50 G73 U1.5 R0.2
N55 G73 P60 Q?. U0.4 W0.1

```

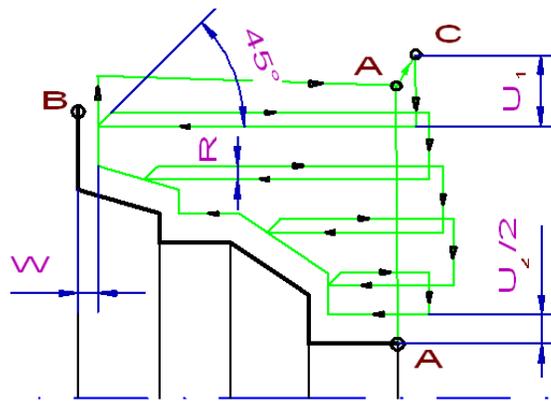
commento:

N45 F è l'avanzamento di sgrossatura
 S è la velocità di taglio (nel tornio per default la velocità è mt/min)
 G96 gli si dice di lavorare a velocità costante (specie in contornatura)

N50 U rappresenta la profondità di passata ad ogni corsa
 R rappresenta è la ritrazione dell'utensile nella corsa di ritorno

N55 P rappresenta il numero del blocco in cui inizia la definizione del contorno finito
 Q rappresenta il numero del blocco in cui termina la definizione del contorno finito
 U rappresenta il sovrametallo sul diametro
 W rappresenta il sovrametallo in direzione Z (sugli spallamenti)

Se poniamo U0 e W0 si elimina la passata di finitura che quindi non verrà richiamata.



U_1 profondità di passata
 U_2 sovrametallo di finitura
 W sovrametallo sugli spallamenti
 R retroazione

Prima della lavorazione l'utensile è al punto C. Tra i numeri di blocco P e Q viene programmato il contorno A-B che sarà lavorato, ripartendo la lavorazione in base alla profondità di passata U_1 , fino a raggiungere la metà del sovrametallo $U_2/2$ (il sovrametallo è sul diametro). W è il sovrametallo sugli spallamenti che viene lasciato per la finitura.

Note:

- il contorno A'-B non deve avere riduzioni di diametro
- il punto iniziale C deve trovarsi fuori dal contorno
- il primo movimento deve essere G00/G01
- tra P e Q non è consentito richiamare sottoprogrammi

5.3.9 Ciclo di finitura G72

N....G72 P.... Q.....

P rappresenta il numero del blocco in cui inizia la definizione del contorno finito
 Q rappresenta il numero del blocco in cui termina la definizione del contorno finito

Dopo le sgrossature con G73, G74, G75 il comando G72 permette di eseguire la finitura. Il contorno programmato tra P e Q, che è stato già utilizzato per la sgrossatura, verrà ripetuto senza suddivisione delle passate e senza sovrametallo.

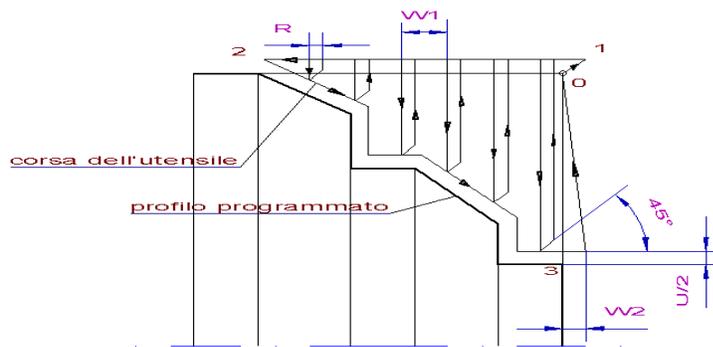
E' opportuno in questa fase adottare la correzione raggio utensile (G42)

5.3.10 Ciclo di sgrossatura trasversale o ciclo di sfacciatura G74

Sintassi: N....G74 W₁.....R.....

N....G74 P.....Q.....U.....W₂F.....S.....T

Dove: W₁ (mm) = è la profondità di taglio in Z
R (mm) = rappresenta il disimpegno nel ritorno dell'utensile
P = numero del primo blocco per la descrizione del profilo
Q = numero dell'ultimo blocco per la descrizione del profilo
U (mm) = sovrametallo di finitura sul diametro
W₂(mm) = sovrametallo di finitura sullo spallamento direzione Z
F, S, T avanzamento, velocità, utensile

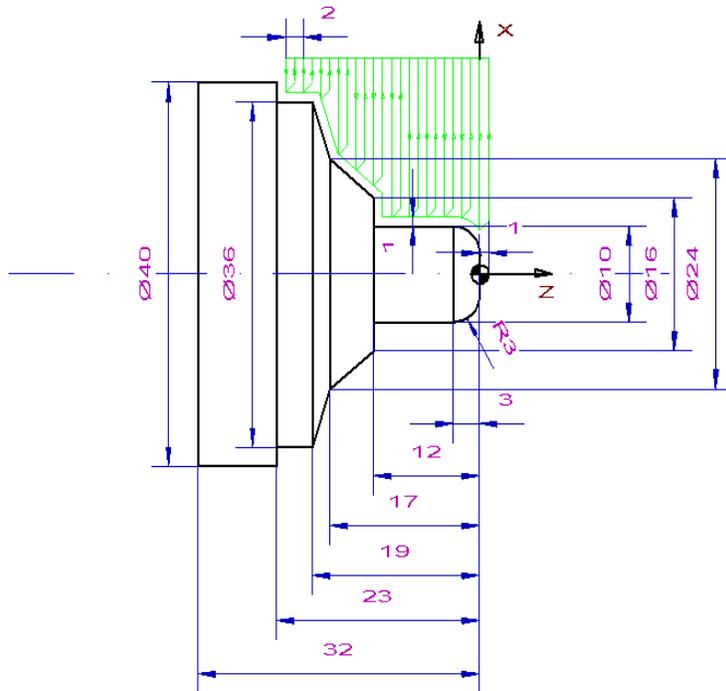


Prima della lavorazione l'utensile si trova sul punto 1. Tra i numeri di blocco P e Q viene programmato un profilo 1-2-3, esso viene eseguito con la corrispondente divisione di taglio fino al sovrametallo di finitura definito con W₂.

Note:

- le funzioni F, S e T tra P e Q vengono ignorate
- il punto 1, posizione dell'utensile prima del ciclo, deve essere fuori dal profilo.
- Il profilo tra 2 – 3 deve essere programmato in modo decrescente, cioè il diametro deve diminuire
- Il primo spostamento 0 – 1 deve essere programmato in G0 o G1 e deve contenere solo il movimento lungo l'asse Z
- Tra P e Q non è possibile inserire un sottoprogramma

Per chiarire l'applicazione della G74 sviluppiamo un programma:



```

N05 G92 W-40
N10 G0 X45 Z20
N20 T0202
N25 G96 M3 S120
N30 G0 X45 Z2 (punto start per ciclo sfacciatura)
N35 G74 W2 R1
N40 G74 P45 Q85 U1 W1 F0.5
N45 G0 Z-23
N50 G1 X36 Z-23
N55 Z-19
N60 X24 Z-17
N65 X16 Z-12
N70 X10
N75 Z-3
N80 G2 X4 Z0 R3
N85 G1 X0
N90 G0 X45 Z2 (punto start per finitura)
N95 S 160 F0.1
N100 G72 P45 Q85 (ciclo di finitura)
N105 G0 X45 Z30
N110 M30

```

5.3.11 Ciclo di ripetizione percorso G75

Permette lavorazioni parallele alla forma del pezzo, il percorso verrà spostato passo-passo alle dimensioni del pezzo finito.

E' particolarmente indicato sui pezzi semilavorati (stampaggio, fusione) che hanno già una forma grezza già predefinita, perché in tal caso utilizzando la G73 si avrebbero molte

passate a vuoto con evidente perdita di tempo.

Formato:

N.....G75 U₁..... W₁..... R.....

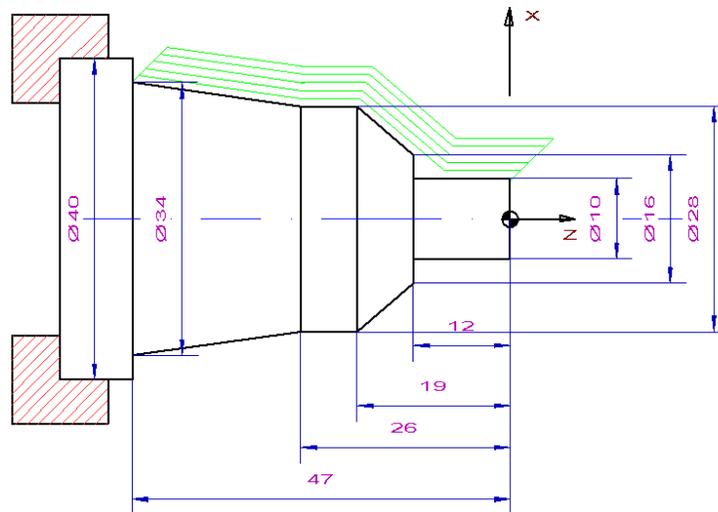
N.....G75 P.....Q.....U₂.....W₂.....F.....S.....T...

1° blocco U₁ rappresenta il punto iniziale per il ciclo sull'asse X
W₁ rappresenta il punto iniziale per il ciclo sull'asse Z
R numero di ripetizioni (uguale alla suddivisione del taglio)

2° blocco i significati degli indirizzi sono analoghi alla G73

P = numero del primo blocco per la descrizione del profilo
Q = numero dell'ultimo blocco per la descrizione del profilo
U₂ (mm) = sovrametallo di finitura sul diametro
W₂ (mm) = sovrametallo di finitura sullo spallamento direzione Z
F, S, T = avanzamento, velocità, utensile

Sviluppiamo un esempio:



```
N05 G92 W-52
N10 G0 X45 Z20
N20 T0202
N25 G96 M3 S120
N30 G0 X45 Z0
N35 G X-3
N40 G0 X45 Z0.5
N45 G75 U5 W5 R5
N40 G75 P45 Q75 U1 W1 F0.5
N45 G0 X10
N50 G1 Z-12
N55 X16
N60 X28 Z-19
```

N65 Z-26
 N70 X34 Z-47
 N75 X40
 N80 G0 X45 Z2 (punto start per finitura)
 N95 S 160 F0.1
 N100 G72 P45 Q75 (ciclo di finitura)
 N105 G0 X45 Z30
 N110 M30

5.3.12 Ciclo di foratura G83

Sintassi: N.... G83 X0 Z.....RQ.....P.....F.... G98(G99) M.....
 N..... G80

Analogo a quanto visto sulla fresatura:

- G98 (G99) ritiro dell'utensile sul piano di partenza (sul piano di ritiro R)
- X0 posizione foro sull'asse, quindi sempre 0
- Z profondità di foratura
- R valore *incrementale* del piano di ritiro dell'utensile in riferimento al punto start nell'asse Z (con segno)
- Q incremento in profondità della foratura espresso in *micron*
- P temporizzazione sul fondo del foro P=1000 = 1 sec
- F avanzamento
- M M3 rotazione oraria M4 rotazione antioraria

Se si usa G98 si può omettere R, che invece è obbligatorio con G99

X0 non è necessario se nel blocco precedente l'utensile si trova già sul centro

Se Q non viene specificato la foratura avviene in un solo movimento fino alla quota Z

Essendo la funzione G83 modale al termine della operazione deve essere disattivata con G80

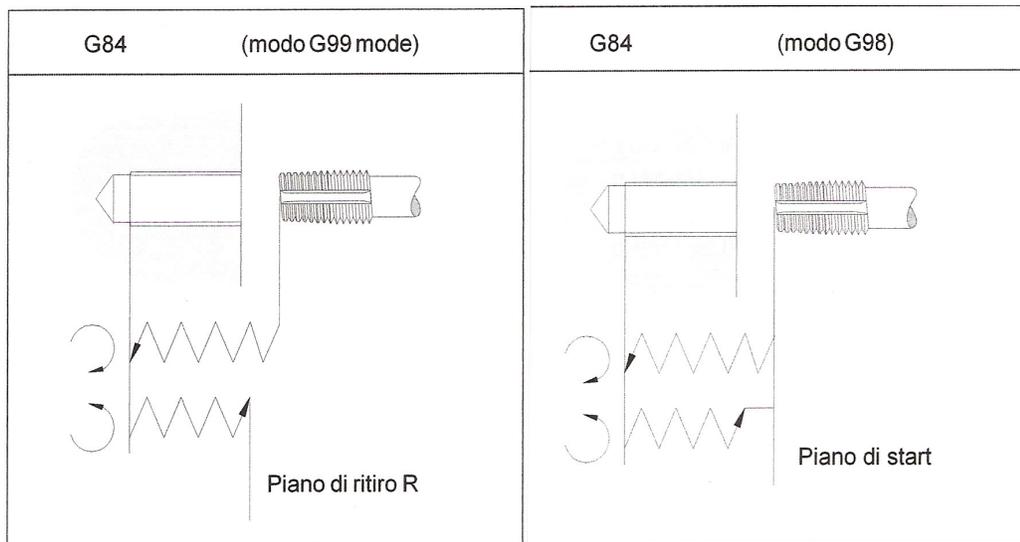
5.3.13 Ciclo di maschiatura G84

Sintassi: N.... G84 X0 Z.....RP.....F.... G98(G99) M.....
 N..... G80

- G98 (G99) ritiro dell'utensile sul piano di partenza (sul piano di ritiro R)
- X0 posizione foro sull'asse, quindi sempre 0
- Z profondità di maschiatura
- R valore del piano di ritiro dell'utensile
- P temporizzazione sul fondo del foro P=1000 = 1 sec
- F avanzamento uguale al passo di filettatura
- M M3 rotazione oraria M4 rotazione antioraria

Il ciclo di maschiatura viene avviato con la funzione M3 o M4 (viti destre e/o sinistre).

Sul punto di destinazione la direzione di rotazione del mandrino viene invertita automaticamente per il ritorno; quando la posizione di partenza è di nuovo raggiunta si ritorna automaticamente alla rotazione originaria.



Ciclo di maschiatura con ritiro su piano di start

Ciclo di maschiatura con ritiro sul piano di start

5.3.14 Ciclo di alesatura G85

Sintassi: N.... G85 X0 Z.....RP.....F.... G98(G99) M.....
N.... G80

- G98 (G99) ritiro dell'utensile sul piano di partenza (sul piano di ritiro R)
- X0 posizione foro sull'asse, quindi sempre 0
- Z profondità di alesatura
- R valore del piano di ritiro dell'utensile
- P temporizzazione sul fondo del foro P=1000 = 1 sec
- F avanzamento
- M M3 rotazione oraria M4 rotazione antioraria

Il ritorno al punto di partenza avviene con velocità d'avanzamento doppia di quella programmata nel blocco G85.

Prima di eseguire il programma del disegno del pezzo assegnato occorre individuare gli utensili per eseguire il ciclo di lavorazione.

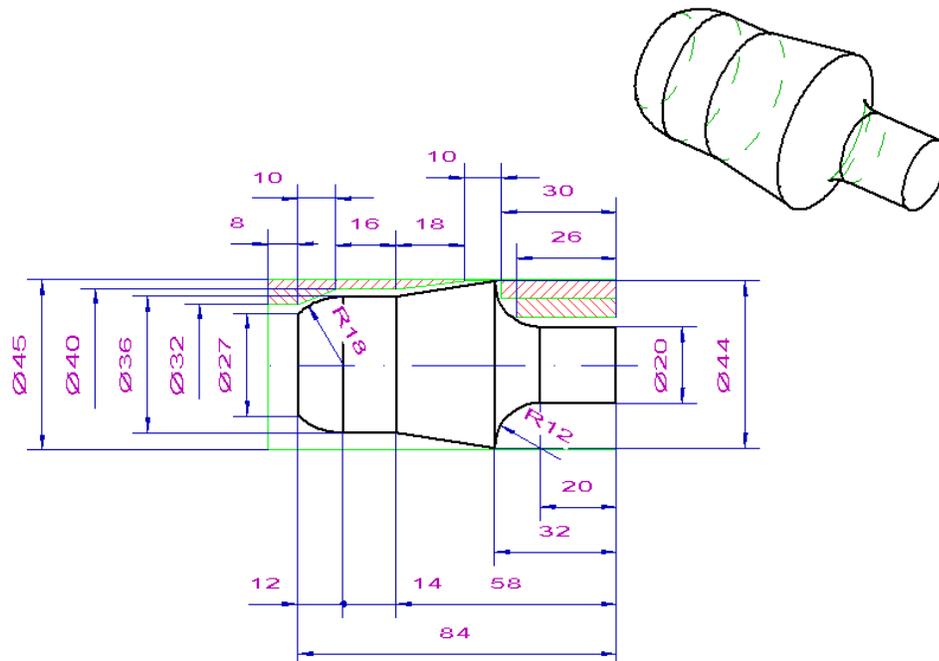


Programma di tornitura con funzioni elementari ISO

- grezzo di partenza: barre trafilate alluminio Φ 45
- sporgenza dallo zero griffe del grezzo 95mm

Operazioni elementari del CICLO:

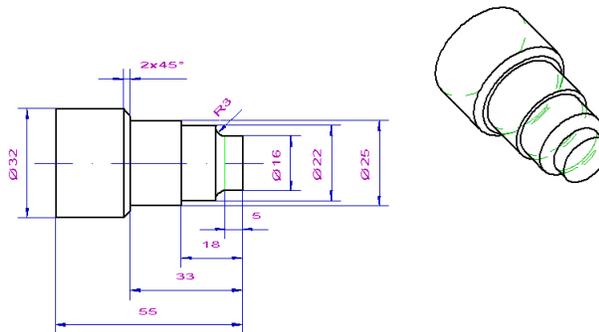
- 1^a sfacciatura
- 1^a passata di sgrossatura da \downarrow 45 a \downarrow 35 L=30mm
- 2^a passata di sgrossatura da \downarrow 35 a \downarrow 25 L=26mm
- 3^a sgrossatura lato diametri decrescenti
- 4^a pretaglio
- 5^a contornatura
- 6^a troncatura



N05 G92 W-94
N10 T0101
N15 S100 M4 F0.3 G96
N20 G0 X46 Z0
N25 G1 X-3
N30 G0 X35 Z1
N35 G1 Z-30
N40 G0 X36 Z1
N45 X25
N50 G1 Z-26
N55 X44.4
N60 Z-40
N65 X40 Z-58
N70 Z-92
N75 X46
N80 G0 Z-74
N85 G1 X40
N90 X32 Z-84
N95 Z-92
N85 X45
N90 G0 X50 Z50
N95 T0202 F0.1 S120
N100 G0 X20 Z0.5
N105 G1 Z-20
N110 G2 X44 Z-32 I12 K0 (R12)
N115 G1 X36 Z-58
N120 Z-72
N125 G3 X27 Z-84 I-18 K0 (R18)
N130 G1 Z-92
N135 X45
N140 G0 X50 Z50
N145 T0303 F0.06 S80
N150 G0 X45 Z-84
N155 X28
N160 G1 X-2
N165 G0 X45 Z1
N170 M30

Secondo Programma di tornitura con funzioni elementari ISO

- grezzo di partenza: barre trafilate \downarrow 35
- sporgenza dallo zero griffe del grezzo 65mm



Operazioni elementari del CICLO:

- 1^a sfacciatura - 2^a ciclo di sgrossatura - 3^a ciclo di finitura - 4^a troncatura

N05 G28

N10 T0101 S80 M4 F0.3 G96

N15 G0 X36 Z64

N20 G92 Z0

Nota: i blocchi 15 e 20 possono essere sostituiti (Fanuc) con G92W-64
ove il pezzo sporge dalle griffe oltre 64 mm (max 1mm)

N25 G1 X-2

N30 G0 X32.5 Z1

N35 G1 Z-60

N40 G0 X35 Z1

N45 X25.5

N50 G1 Z-32.6

N55 G0 X27 Z1

N60 X22.5

N65 G1 Z-17.6

N70 G0 X23.5 Z1

N75 G0 X17

N80 G1 Z-5

N85 G0 X100 Z100

N90 T0202 F0.08 S130 M4

N95 G0 X16 Z1

N100 G1 G42 Z-5

N105 G2 X22 Z-8 I3 K0 (anche R3 al posto di I3 K0)

N110 G1 Z-18

N115 X25

N120 Z-33

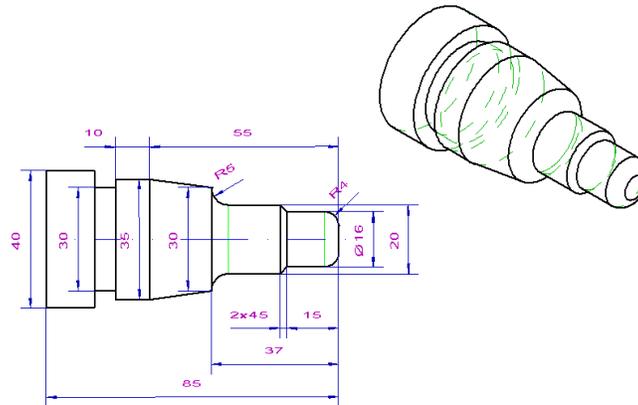
N125 X28

N130 X32 Z-35

N135 Z-60
 N140 G0 X100 Z100
 N145 T0303 F0.08 S80
 N150 G0 X33 Z-55
 N155 G1 X-2
 N160 G0 X50 Z50
 N165 M30

Terzo programma di tornitura con funzioni elementari ISO

- grezzo di partenza : barra trafilata Φ 40 mm
- fermo barra 95 mm dallo zero griffe



UTENSILI DA IMPIEGARE



N 05 G28
 N 10 T03 03

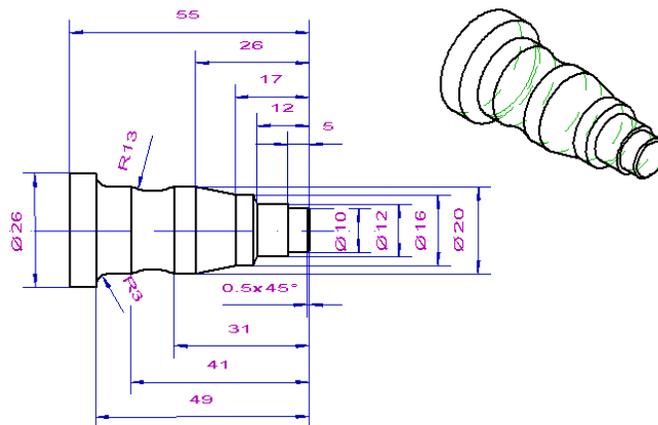
N 15 F0.3 S100 G96
N 20 G0 X41 Z94
N 25 G92 Z0 (al posto del blocco 20 e 25 in Fanuc 21: G92 W-94)
N 30 G1 X-3
N 35 G0 X36 Z1
N 40 G1 Z-70.5
N 45 G0 X37 Z0.5
N 50 X31
N 55 G1 Z-36.5
N 60 X36 Z-55
N 65 G0 Z0.5
N 70 X21
N 75 G1 Z-32
N 80 G0 X22 Z0.5
N 85 X17
N 90 G1 Z-14.5
N 95 G0 X50 Z50
N100 T01 01 F0.1 S150
N105 G0 X8 Z0.5
N110 G42 G01 Z0 H2
N115 G3 X16 Z-4 I0 K-4 (o R4)
N120 G1 Z-15
N125 X20 Z-17
N130 Z-32
N135 G2 X30 Z-37 I10 K0 (o R5)
N140 G1 X35 Z-55
N145 Z-71
N150 X41
N155 G0 X50 Z50
N160 T02 02 F0.1 S60
N165 G0 X36 Z-65
N170 G1 X30
N175 G0 X41
N180 G0 Z-67
N185 G1 X30
N190 G0 X41
N195 Z-85
N200 G1 X-3
N205 G0 X50 Z50 G40
N210 M30

Quarto programma di tornitura con funzioni “FANUC” serie 0-MC con l’uso di funzioni complesse per ciclo di sgrossatura e finitura.

- grezzo di partenza: barre trafilate $\Phi 30\text{mm}$
- sporgenza dallo zero griffe del grezzo 71mm

Operazioni elementari del CICLO:

- 1^a sfacciatura
- 2^a ciclo di sgrossatura
- 3^a ciclo di finitura
- 4^a troncatura



N05 G28 (ritorno al punto riferimento, resetta il controllo, eliminando le precedenti correzioni, non obbligatorio nel simulatore)

N10 T0101 S50 M4 F0.15 (per default sul tornio $S = V_t = \text{in m/1'}$ ed F è in mm/giro)

N15 G0 X30 Z70

(si porta l’utensile sul punto di attacco)

N20 G92 Z0

(informa la macchina che la posizione attuale è lo “0”)

N25 G1 X-2

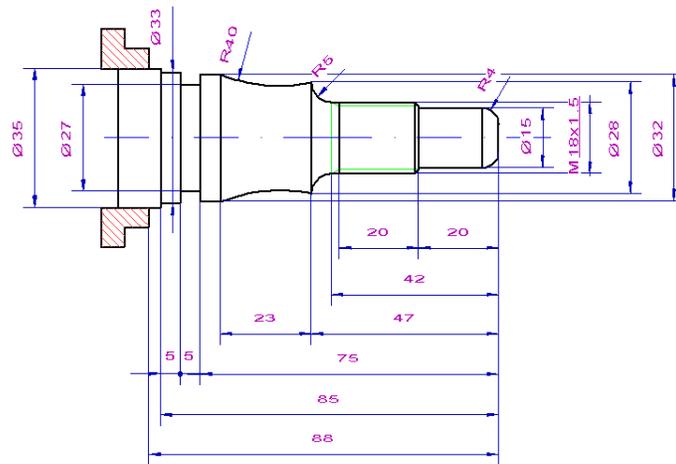
(si sfaccia in corrispondenza allo “0” pezzo)

N30 G0 X30 Z1

N35 F0.35 S70 G96

(si mette i parametri di sgrossatura e con G96 si lavora a

Esemnio realizzato in macchina



- N5 G92 W-87.5
- N10 T0202 M3 (finitore)
- N15 G96 S160 F0.05
- N20 G92 S3000
- N25 G0 X38 Z0
- N30 G1 X-3
- N35 G0 Z1 X35
- N40 G73 U1 R0.5
- N45 G73 P50 Q105 U0.3 W0.3 F0.1
- N50 G0 X7 Z2
- N55 G1 G42 Z0
- N60 G3 X15 Z-4 R4
- N65 G1 Z-20
- N70 X18 Z-21.5
- N75 Z-42
- N80 G2 X28 Z-47 R5
- N85 G2 X32 Z-70 R40
- N90 G1 Z-80
- N95 X34 G40
- N100 Z-85
- N105 X35
- N110 S200 F0.05
- N115 G72 P50 Q105
- N120 G0 X40 Z30
- N125 T0808 M4 (troncatore/gole spess.3mm)
- N130 G0 X34 Z-75
- N135 S100 F0.05 M4
- N140 G1 X27
- N141 G4 X2 (sosta 2 sec)
- N145 G0 X33
- N150 Z-77
- N155 G1 X27

N50 G1 Z0 G42 (a differenza della fresa non occorre H4 in quanto il raggio è definito già nell'indicazione dell'utensile 02)

N55 G3 X16 Z-8 R8

N60 G1 Z-16

N65 X20 Z-28

N70 X22

N75 X24 Z-17

N80 Z-43

N85 G2 X30 Z-46 R3

N90 G1 Z-64

N95 G3 X34 Z-66 R2

N100 G1 Z-75

N105 G0 G40 X37

N110 S200 F0.1 M4

N115 G0 G42 X37 Z1

N120 G72 P45 Q105

N125 G0 G40 X50 Z40

N130 T0808

N135 S100 F0.1 M4

N140 G0 X32 Z-52

N145 G1 X26

N150 G0 X32

N155 X50 Z40

N160 T0505

N165 G97 S400 M3

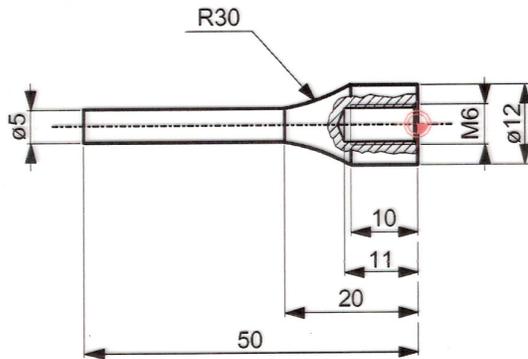
N170 G0 X25 Z-25

N175 G78 P030560 Q150 R0

N180 G78 X22.16 Z—39 RO P920 Q300 F1.5

N185 G0 X59 Z40

N190 M30

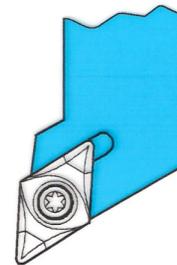


Materiale:
acciaio bonificato

Dimensioni: 15 x 80 mm
Punto zero:
W-60 - sporgenza 60.5mm

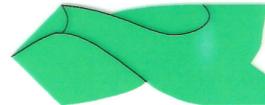
T01
Offset (X,Z,R) :01
Posizione tagliente: 3
S=150m/1' F=0.15mm/g

T2 – start drill
Offset (X,Z,0) : 02
Posizione tagliente 7
S=1100 g/min F=0.1mm/g



T1

T3 – twist drill
Offset (X,Z,0) : 03
Posizione tagliente 7
S=1500 g/min F=0.08mm/g



T2 – d.10mm



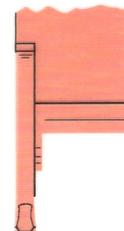
T3 – d.5mm

T4 – M6
Offset (X,Z,0) : 04
Posizione tagliente 7
S=500 g/min F=1 mm/g



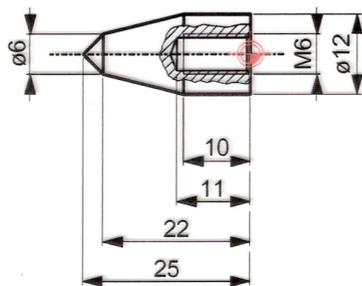
T4 – M6

T6 – Parting off tool L
Offset (X,Z,0) : 05
Posizione tagliente 8
S= 1500g/min F=0.08mm/g



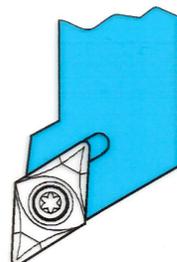
T6

N5 G92 W-60
N10 T0101
N15 G96 S150 F0.15 M4 M8
N20 G0 X17 Z0
N25 G1 X-2
N30 G0 X40 Z30
N35 T0202
N40 G97 S1100 F0.1 M3 M8
N45 G0 X0 Z1
N50 G1 Z-3.1
N60 G0 Z45
N65 T0303
N70 S1500 M8
N75 G83 X0 Z-12.5 R1 Q4 P1000 F0.8 G98 M3
N80 T0404 S400
N85 G84 X0 Z-10 R1 P1000 F1 G98 M3
N90 T0101
N95 G96 S150 F0.15 M4 M8
N100 G0 X15 Z2
N105 G73 U1 R0.5
N110 G73 P115 Q135 U0.3 W0
N115 G0 X12 Z1G42
N120 G1 Z-10
N125 G2 X5 Z-20 R30
N130 G1 Z-54
N135 G0 X15
N140 Z2
N145 S180 F0.08
N150 G72 P115 Q135
N155 G0 X30 Z30
N160 T0606
N165 G97 S1500 F0.04 M4 M8
N170 G0 X17 Z-50
N175 G0 X6
N180 G1 X-1
N185 G0 X30 M5
N190 Z30
N195 M30

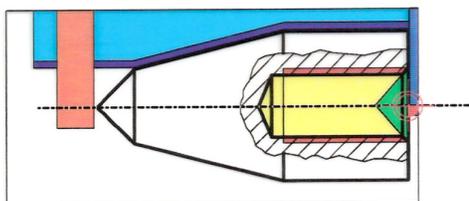


Materiale: acciaio bonificato
 Dimensioni: d.15x50mm

Punto zero: W=-33
 Sporgenza: 33.5mm



T01
 Offset (X,Z,R) :01
 Posizione tagliente: 3
 S=150m/1' F=0.15mm/g



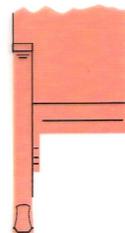
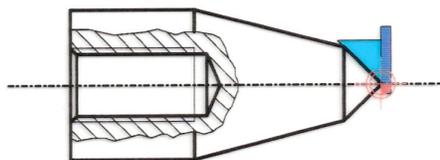
T02 (d. 10mm)
 Offset(X,Z,0): 02
 Posizione tagliente :7
 S=1100g/1' F=0.1mm/g



T03 (d.5mm)
 Offset(X,Z,0):03
 Posizione tagliente :7
 S=1500g/1' F=0.12mm/g



T04 (M6)
 Offset(X,Z,0):04
 Posizione tagliente:7
 S=500g/1' F=1 mm/g



T06
 Offset (X,Z,0):06
 Posizione tagliente:8
 S=1500g/1' F=0.08mm/g

N5 G92 W-33
N10 T0101
N15 G96 S150 F0.15 M4 M8

N20 G0 X17 Z0
N25 G1 X-2
N30 G0 X40 Z30

N35 T0202
N40 G97 S1100 F0.1 M3 M8
N45 G0 X0 Z1
N50 G1 Z-3.1
N60 G0 Z45

N65 T0303
N70 S1500 M8
N75 G83 X0 Z-12.5 R1 Q4 P1000 F0.8 G98 M3

N80 T0404
N85 G97 S400 M3 M8
N85 G84 X0 Z-10 R1 P1000 F1 G98 M3

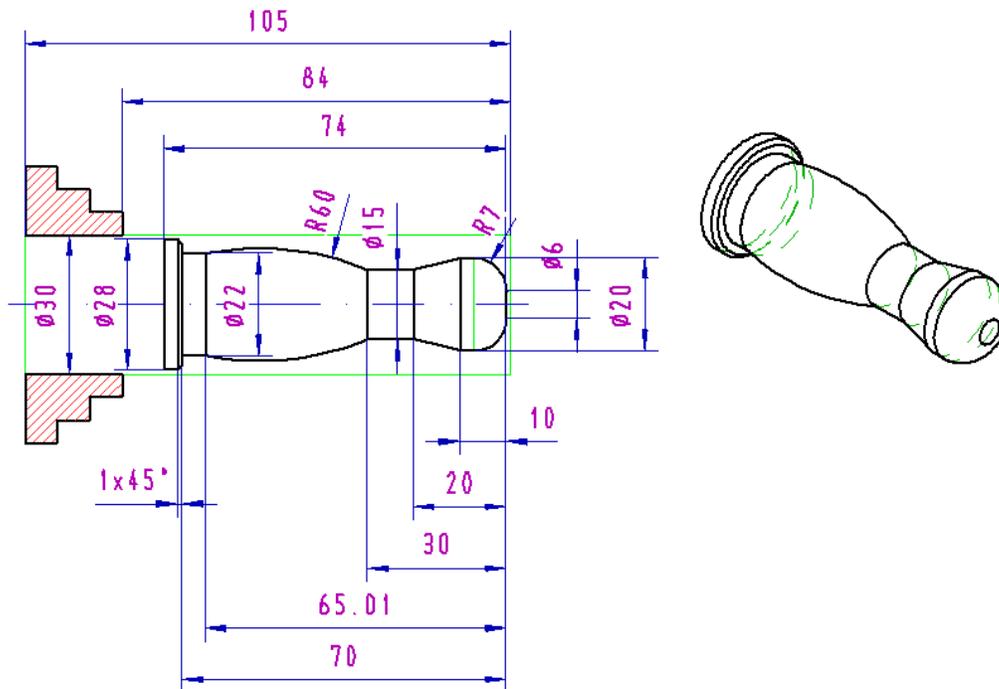
N90 T0101
N95 G96 S150 F0.15 M4 M8
N100 G0 X15 Z2
N105 G73 U1 R0.5
N110 G73 P115 Q135 U0.3 W0

N115 G0 X12 Z1G42
N120 G1 Z-10
N125 G1 X6 Z-22
N130 Z-30
N135 G0 X15 G40
N140 X15 Z2
N145 S180 F0.08
N150 G72 P115 Q135
N155 G0 X30 Z30

N160 T0606
N165 G97 S1500 F0.08 M4 M8
N170 G0 Z-25.5
N175 G0 X8
N180 G1 X-1
N185 G0 X30 M5
N190 Z30
N195 M30

Il pezzo deve essere ripreso sul lato opposto per effettuare la punta.

Lavorazione birillo da spezzone $\Phi 30 \times 105$ mm
 Materiale: alluminio
 Sporgenza dalle griffe: 84mm



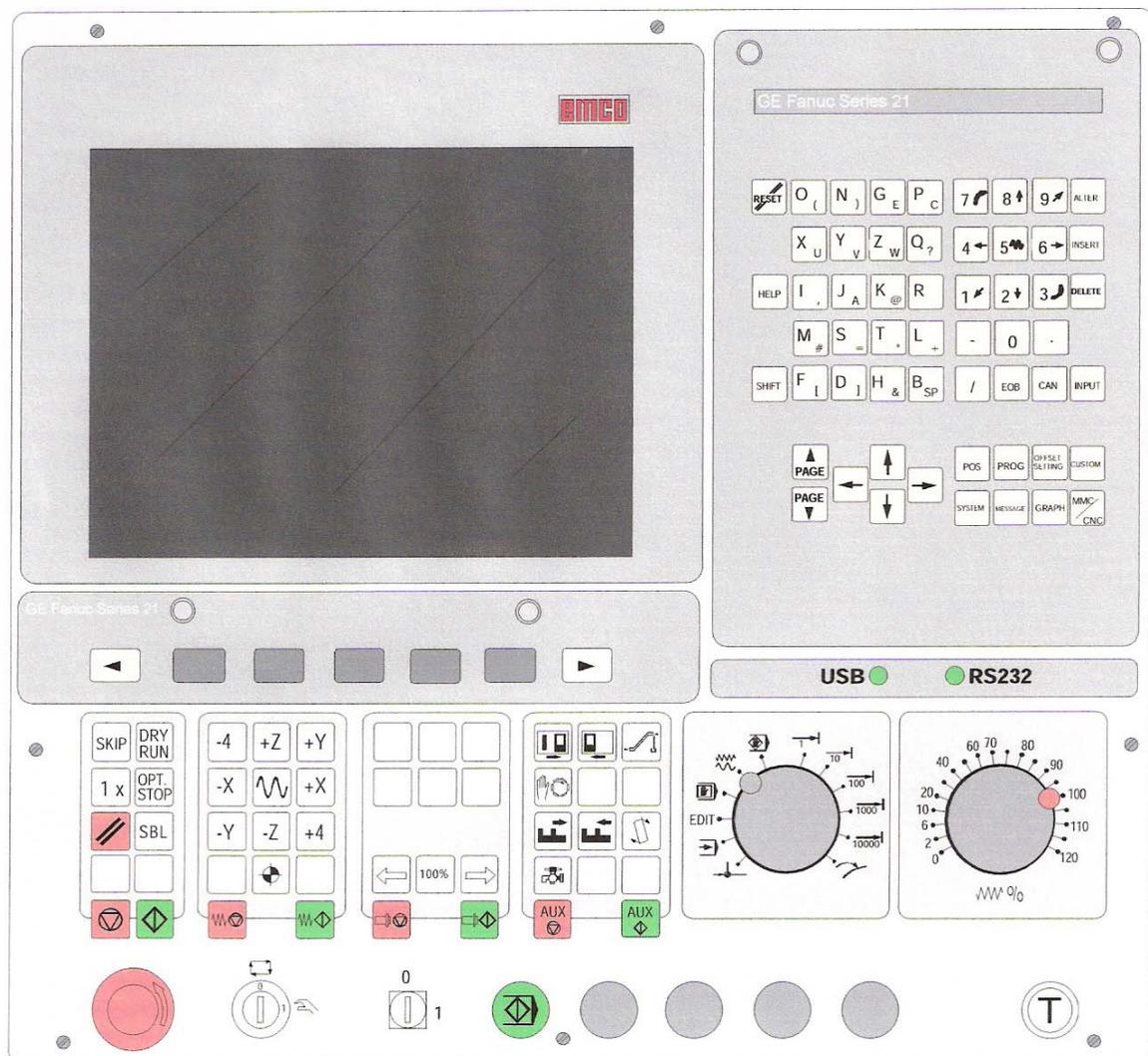
- N05 T0202
- N10 G92 W-83
- N15 S180 F0.25 M3 G96
- N20 G0 X31 Z0
- N25 G1 X-3
- N30 G0 X31 Z1
- N35 G73 U1 R0.5
- N40 G73 P45 Q95 U0.6 W0.3
- N45 G0 X6 Z1
- N50 G1 Z0
- N55 G3 X20 Z-7 R7
- N60 G1 Z-10
- N65 Z-20 X15
- N70 Z-30
- N75 G3 X22 Z-65.01 R60
- N80 G1 Z-70
- N85 X26
- N90 X28 Z-71
- N95 Z-78
- N100 G0 X31 Z1
- N105 S200 F0.1
- N110 G72 P45 Q95
- N115 G0 X35 Z30
- N120 T0808 (troncatore)

N125 G0 Z-74 X30
N130 G1 X0 S100
N135 G0 X30 Z30
M30

Nota: per eseguire la lavorazione con la G73 è necessario che i diametri siano crescenti, in questo esempio ciò non avviene anche se le variazioni a diminuire del diametro sono modeste; il simulatore se non togliamo la “collision detection” dice che c’è un urto, e quindi non ci fa vedere la lavorazione.

6.0 PROGRAMMA DI SIMULAZIONE “EMCO“ FRESATRICE E TORNIO CON CONTROLLO FANUC

La tastiera di controllo della macchina è rappresentata nella figura sotto, essa corrisponde alla tavoletta grafica, ma in assenza di ciò si può utilizzare la tastiera del computer, utilizzando i tasti funzione.



6.1 Generalità sui tasti funzione del PC

Il tasto funzione F1 corrisponde al selettore dei modi, cioè le sequenze operative. (REFPOINT, AUTOMATIC, EDIT, MDI, JOG)

Con il tasto F12 vengono visualizzati i tasti funzione della macchina (Num Lock disattivo) POS, PRGRM, OFFSET, PARAM e ALARM, premendo di seguito F11 viene visualizzato GRAPH premendo su questo tasto si visualizzano PATH,SOLID. AUX e premendo ancora F11 si visualizza 3DVIEW

Con il tasto F2 si torna indietro di un menù se si è entrati in un sottomenù.

POS (F3)	PRGM (F4)	MENU'OFFSET (F5)
DGNOS PARAM (F6)	OPR ALARM (F7)	AUX GRAPH (F3)

Il tasto F11 si usa per scorrere

POS	- indica l'attuale posizione
PRGM	- Edit e visualizzazione del programma
MENU'OFFSET	- settaggio e visualizzazione dei valori di offset, utensili,variabili
DGNOS PARAM	- settaggio e visualizzazione parametri e dati diagnostici
OPR ALARM	- visualizzazione di allarmi e messaggi
AUX GRAPH	- visualizzazione grafica

Esempio con F12 si visualizzano i tasti funzione, si preme MENU' OFFSET, si seleziona il tasto WORK: viene visualizzata la maschera dello "0" Offset

00	è sempre attivo (offset di base, ci sono le quote che identificano lo "0" morsa rispetto allo zero macchina)
01	G54
02	G55
03	G56
04	G57
05	G58
06	G59

All'accensione compare

7017 Reference – Point non active

F1 ⇒ F7 (ZRN) se si preme il tasto centrale del tastierino numerico (5) si azzerano tutti gli assi e compare **JOG**

Altrimenti occorre digitare una sola volta gli assi della macchina:

Azz.fresa

	Z	Y
X		X
Y	Z	

Azz.tornio

	X	
Z		Z
	X	

Per programmare F1 ⇒ F4 si clicca su Edit (F4)

Se si clicca su **JOG** (o siamo in JOG) + clicca su POS compare la posizione delle slitte

Ad esempio se si vuole settare un utensile, esempio T4, occorre innanzi tutto che la

manopola si trovi in JOG  (abilita gli spostamenti manuali) dopodichè con il

tasto  si ruota la testa portautensili fino a portare nella posizione voluta l'utensile T4, agendo con i tasti di spostamento utensili (+X,-X,+Y,-Y,+Z,-Z) si va a sfiorare con l'utensile la ganaschia della morsa, si preme il tasto POS e si visualizza la quota Z, da questo valore si toglie la sporgenza del riferimento utensili, si va nel menù offset e si scrive il valore ottenuto in 2i-1 cioè per l'utensile T4 in 7.

Quando siamo in **EDIT** si può programmare; in primo luogo occorre dare un nome al programma e questo è composto da una lettera "O " seguita da un numero, esempio O1.

ADRS O1  invio

 con questo tasto si cancella

compare

_N5 che è il primo blocco del programma; si comincia a digitare la riga e alla fine due volte "invio" mette il punto e virgola di fine riga e passa al blocco successivo

_N10

per correggere eventuali errori ci posizioniamo con le frecce della tastiera davanti al valore errato, si digita il valore giusto poi "Ins" (lo inserisce al posto del valore errato), se invece si clicca invio lo inserisce senza sostituire, quindi con "canc" cancelliamo la parte errata.

Per la grafica:

Il programma scritto deve trovarsi nella posizione, sul primo blocco come indicato

`_N5 G....`

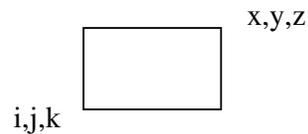
con F12 \Rightarrow F11 si clicca poi su GRAF

Occorre innanzi tutto stabilire un campo di visualizzazione per il tornio:

WORK LENGTH W
WORK DIAMETER D

per la fresa:

MAXIMUM X Y Z
MINIMUM I J K



i valori da inserire devono racchiudere lo spazio in cui sono contenuti gli spostamenti previsti per l'utensile.

a seguire PATH (percorso) F3
EXEC F5
START F4

- viene visualizzato il percorso utensile
- se prima si digita * SBN (single block number), si può vedere il percorso blocco dopo blocco in sequenza (nota * dal tastierino numerico)

Immissione dello ZERO OFFSET

Premendo il tasto MENU' OFFSET (tasto funzione con F12) , selezionando WORK, viene visualizzata la maschera di immissione degli offset.

00 – offset di base sempre attivo

01 -G54

02 -G55

03 -G56

premendo il tasto \downarrow si passa alla pagina successiva

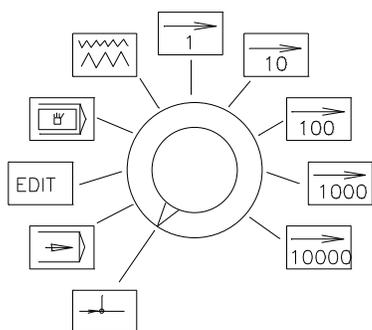
04 -G57

05 -G58

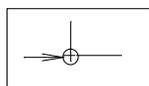
06 -G59

Ci si porta sull'offset desiderato con $\downarrow \uparrow$ si immettono i valori poi si preme Input (invio).

SEQUENZE OPERATIVE - MODI



REFPOINT



è il comando per raggiungere il punto di riferimento. Va eseguito:

- dopo aver acceso la macchina
- dopo interruzioni di corrente
- dopo gli allarmi sul punto di riferimento
- dopo collisioni

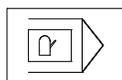
AUTOMATIC



Manda in esecuzione un programma blocco dopo blocco.

EDIT con questo modo è possibile digitare i programmi di lavorazione

MDI



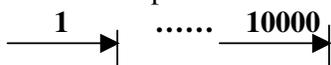
Con questo modo è possibile accendere il mandrino e ruotare il portautensili, si va in PRG e sull'indirizzo ADRS si digita l'utensile che vogliamo es. T4 M6 e si dà



JOG



Con i tasti JOG le slitte possono essere spostate manualmente con l'incremento desiderato



con i tasti **-X+X -Y+Y -Z+Z.**



AVVICINAMENTO AL PUNTO DI RIFERIMENTO



Con l'avvicinamento al punto di riferimento il controllo viene sincronizzato alla macchina.

Selezionare il modo ZRN (REF) e premere i tasti **-X+X -Y+Y -Z+Z** si raggiunge il **punto di riferimento nelle rispettive direzioni.**

Con il tasto 5 del tastierino numerico del PC (REF ALL) si azzerano automaticamente tutti gli assi. Fare attenzione ad eventuali ostacoli nell'area di lavoro (morsa, pezzo etc).

Dopo aver raggiunto il punto di riferimento, le coordinate del punto vengono visualizzate sullo schermo come coordinate attuali e il controllo è sincronizzato con la macchina.

DIRECTORY PER I PROGRAMMI

Premendo il tasto DGNOS PARAM (F6) saranno visualizzati i settaggi (SETTING1). Nella directory per i programmi vengono memorizzati tutti i programmi CNC creati dall'utente.

Immettere nel campo di immissione "PATH =" , il nome desiderato con la tastiera del PC, max 8 caratteri, senza specificare drive e percorso.

IMMISSIONE DEI PROGRAMMI

I programmi e i sottoprogrammi devono essere immessi nel modo EDIT.

Richiamo di un programma

- andare in modo EDIT
- premere il tasto PRGM
- con il tasto funzione LIB vengono visualizzati i programmi esistenti
- immettere il numero del programma O...
- nuovo programma: premere il tasto Invio (Inset)
- programma esistente: premere il tasto ↓ cursor

Immissione di un blocco

1. parola
2. parola

EOB – fine blocco - Invio con la tastiera del computer

Ricerca parola

Immettere l'indirizzo della parola da ricercare (es. X) e premere ↓ Cursor

Inserimento parola

Posizionare il cursore prima della parola che dovrà seguire quella inserita, immettere la parola desiderata (indirizzo e valore) e premere il tasto Invio

Modifica parola

Posizionare il cursore prima della parola da modificare, immettere la nuova parola e premere il tasto Alter - Ins sulla tastiera del PC.

Cancellazione parola

Posizionare il cursore prima della parola da cancellare e premere il tasto Canc

Inserimento di un blocco

Portare il cursore prima del segno di EOB “;” del blocco che dovrà precedere quello inserito ed immettere il nuovo blocco.

Cancellazione blocco

Immettere il numero del blocco e premere Canc

Cancellazione di un programma

Modo EDIT: immettere il numero del programma (es. O20) e premere Canc

Cancellazione di tutti i programmi

Modo EDIT: immettere il numero del programma O 0-9999 e premere Canc

ESPORTAZIONE E IMPORTAZIONE PROGRAMMI CON DISCHETTO DA PC A PC O MACCHINA

Procedura:

- trovarsi in EDIT (F1+F4)
- PRGRM (è necessario sia visualizzato un programma)
- F12 + F6 (PARAM)
- alla riga I/O si digita *a*
- F12 +F4 + F4 (LIB)
- si scrive su ADRS il nome del programma es. o35 (più programmi o78,o35)
- con F9 si invia al dischetto e con F10 si legge il programma dal dischetto

per esportare o importare i dati degli utensili, stessa procedura ma occorre invece di PRGRM si visualizza OFFSET.

per importare o esportare il 3D stessa procedura ma occorre F12+F11+F3+F3 fino a visualizzare la finestra 3D.

INPUT-OUTPUT DATI

Premere il tasto $\begin{matrix} \text{DGNOS} \\ \text{PARAM} \end{matrix}$

Premere il tasto $\begin{matrix} \downarrow \\ \text{PAGE} \end{matrix}$ fino a visualizzare SETTING 3

Sotto DEVICE è possibile specificare un'interfaccia seriale COM1 o COM2 ; A drive A ; B drive B; C disco fisso, directory per i programmi (definita in SETTING1) ; P stampante su LPT1.

Per la configurazione vedi manuale (pg18).

Out Programmi e Input programmi e Out Correzione utensili e Input Correz. utensili

Per trasmettere e ricevere programmi e correzione utensilivedi manuale (pg. 19).

STAMPA PROGRAMMI

Per stampare un programma occorre cercare il file da stampare C:\wincts\Fanuc0M\Prg si apre il file desiderato con NOTEPAD e si stampa.

GRAFICA TRIDIMENSIONALE:

Occorre innanzi tutto visualizzare il programma (RESET /0 INS) e porre il cursore all'inizio del programma:

_N5 G....

F12 → F11 → GRAPH → F11 → 3DVIEW (F3) (win 3D-view)

(con la tastiera del CNC si preme il tasto AUX/GRAPH, poi il tasto > e 3DVIEW)

Premendo il tasto 3DVIEW possiamo selezionare i seguenti settaggi:

- *risoluzione*
- *larghezza del passo di simulazione*
- *presentazione degli utensili*
- *rilevazione di collisione*
- *disposizione morsa*

e assegnare i valori desiderati

- **Risoluzione:** possiamo selezionare 0 (bassa) 1 (media) 2 (alta) .
Più alta è la risoluzione più lenta sarà la simulazione
- **Larghezza del passo di simulazione:** più piccolo è il passo di simulazione utensile, più continuo e realistica sarà la simulazione. La velocità di simulazione risulterà più bassa. I movimenti rapidi avvengono sempre in un passo.
- **Rilevazione di collisione:** 0 per collisione OFF
1 per collisione ON

Sono visibili le seguenti situazioni:

- collisione utensile-pezzo alla velocità di rapido spostamento
- collisione utensile-morsa
- collisioni di parti non taglienti dell'utensile col pezzo o con la morsa

- **Presentazione degli utensili:**

Ci sono tre modi di rappresentazione:

- modello volumetrico: 0
- modello volumetrico trasparente : 1
- modello filare: 2
- senza rappresentazione utensile: 3

Il modello filare ha la simulazione più rapida, ma il modello volumetrico è più realistico.

- **Disposizione morsa (serraggio):**

Il serraggio può essere secondo la direzione dell'asse X oppure secondo la direzione dell'asse Y. Premendo il tasto FIXT si sceglie graficamente

SETUP portautensili

Per la simulazione l'utensile scelto deve essere connesso con la posizione nel portautensili (T nella programmazione) . E' offerta una libreria utensili che contiene tutti gli utensili standards.

Lanciamo l'impostazione **F3 TOOLS**

con i tasti frecce verticali ↓ ↑ possiamo selezionare la posizione T...

nel campo TOOLHOLDER (portautensili)

con i tasti frecce orizzontali → ← nella libreria selezioniamo l'utensile desiderato

che associamo alla posizione T stabilita

La libreria contiene 41 utensili

- da 1 a 7 fresotti (2 taglienti) ↓ : 3x5 – 4x7 – 5x8 – 6x8 – 8x11 – 10x13 – 12x176
- da 8 a 11 frese frontali (4 tagl. -su z non lavorano) ↓ : 8x19 – 10x22 – 12x26 – 16x32
- 12 e 13 frese a “T” rovescio ↓ : 12.5x6 – 16x8
- 14 e 15 frese raggiate ↓ : raggi 6 e 12
- 16 fresa a coda di rondine inversa 16 angolo 60°
- 17 fresa a coda di rondine 16 angolo 45
- 18 fresa frontale ↓ 40
- 19 e 20 frese a disco ↓ : 35x5 – 50x6
- 21 sega circolare ↓ 60
- 22 centrino per foratura
- da 23 a 36 punte elicoidali ↓ : 2 – 2.5(M3) – 3 – 3.3(M4) – 4 – 4.2(M5) – 5 – 6 – 6.8(M8) – 7 – 8 – 8.5
- da 37 a 41 maschi : M3 – M4 – M5 – M6 – M8

N18	H.d. shank end mill	40mm	F7 (take)
N 6	Slot mill cutter	10mm	F7 (take)
N29	Twist drill	5mm	F7 (take)
N 7	Slot mill cutter	12mm	F7 (take)

TOOL LIBRARY F5 F6 (archivi)

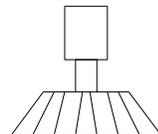


- Tool Number 1 : rouling tool left (sgrossatore) F7
- 2 : copying tool left F7
- 3 : parting off tool

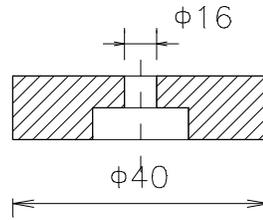
POS (F3)	PRGM (F4)	MENU'OFFSET (F5)
DGNOS PARAM (F6)	OPR ALARM (F7)	AUX GRAPH (F3)



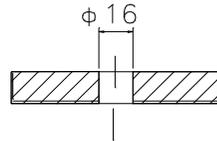
- Slot milling cutter 3-12mm (fresa per cave 2 taglienti) fresotti
- H.d. shank end mill 8-16mm (frese frontali 4 taglienti) centro vuoto su z non lavorano
- T slot cutter 12.5 e 16 mm (frese a T)
- Radium cutter 6 e 12 mm (frese raggiate)
- Dovetail cutter (frese coniche)
- Invert dovetail cutter: (frese a coda di rondine)



- H.d.shell end mill 40mm:



- Disk milling:

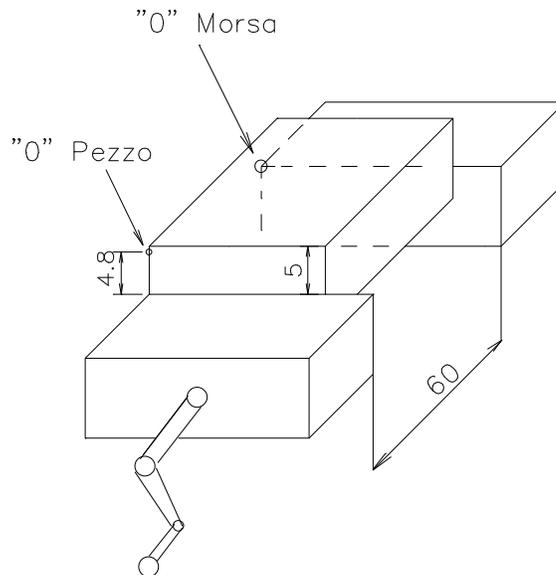


diametri da 35-50 mm

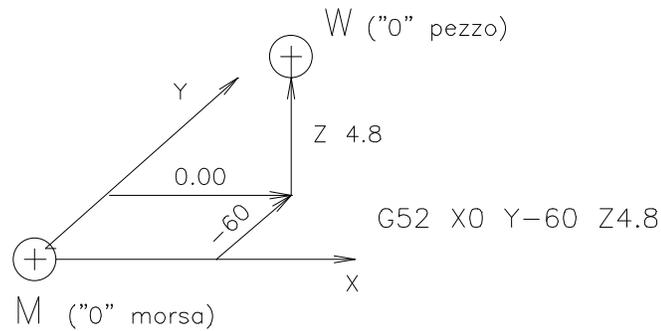
Circular saw disk	60mm	(sega circolare)
N.C. spot drill		(centrino per foratura)
Twist drill	2-10mm	(punte elicoidali)
Tap	M3-M8	(maschiatore)

con F2 si esce dal sottomenù o si torna indietro

con F4 WORKP(eace)



prima si definisce lo "0" pezzo rispetto allo "0" morsa, dopodiché con F6-FIXT si definisce il pezzo all'interno della morsa.



G52 X0 Y-60 Z-4.8

memorizza da "0" morsa a "0" pezzo

con F6 FIXT posizione di fissaggio del pezzo nella morsa; la morsa può essere orientata sia in asse con X, sia in asse con Y.

con F7 simulazione

* F4 attiva simulazione passo passo (* dal tastierino numerico)

Se lavoriamo con la **compensazione raggio utensili** (G41-G42), esempio T02 (↓ 10mm)

H3 è la compensazione della sporgenza utensile, nel simulatore non è necessaria

H4 è la compensazione del valore del raggio è necessaria

da F12 → F5 (OFFSET) si va all'indirizzo 12 e si digita 5 che è il valore del raggio dell'utensile T02

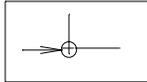
Per osservare la vista da varie posizioni: F5 TOP F7 F2 F7 F4

NOZIONI PRATICHE SULLA MACCHINA

- a) si accende prima la macchina agendo sull'interruttore pos.1
- b) si accende poi il computer (ricordarsi che la tastiera di macchina sia su "on")
- c) si lancia il programma dal desktop cliccando l'icona: avvio macchina

sul monitor deve comparire il messaggio: Reference-point not active se ciò non dovesse avvenire premere il pulsante bianco sotto lo sportello macchina e aprire e richiudere il suddetto sportello, con ciò si resetta tutto.

- d) Eseguire il Ref-point cioè il raggiungimento dei punti di riferimento, per far ciò ruotare la manopola della tastiera sulla modalità sotto indicata e poi con i tasti frecce

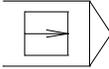


portarsi ai punti estremi di riferimento; ciò si può fare anche con il tastierino del computer con F1 – F4 – F7 e premendo o i tasti 8 (Z+) 9 (Y+) 6 (X+) o il tasto centrale 5 con quale si azzerano contemporaneamente tutti gli assi

- e) si carica il programma desiderato dalla libreria programmi si va in EDIT poi PRGM e poi LIB si sceglie il programma o36 (es.) si clicca su ↓ e il programma appare sul video

- f) si porta la manopola sulla lavorazione automatica 

- g) col tasto verde si dà il via alla lavorazione 

- h) se si vuole operare con blocchi singoli si preme il tasto bianco  appare SBL

- i) per tenere sotto controllo la lavorazione in caso di necessità premere  tasto verde per bloccare la macchina

- l) con il tasto celeste POS si possono visualizzare i dati del programma in esecuzione

- m) per spegnere la macchina prima si chiude il computer JOG + AUX per eliminare gli ausiliari poi successivamente la macchina

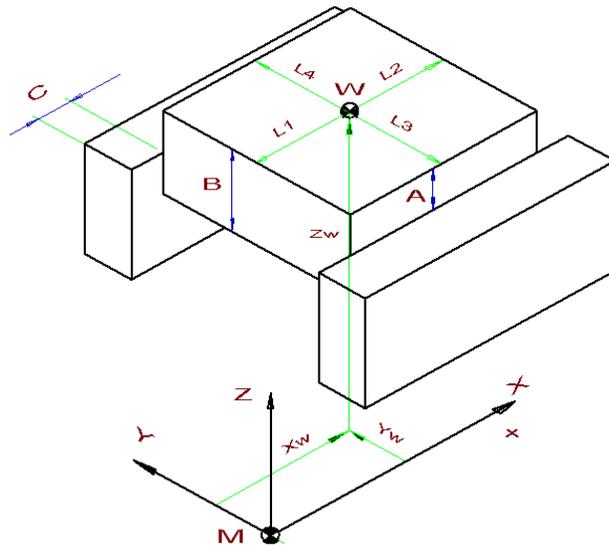
SIMULAZIONE 3D

Per usare la simulazione 3D è necessario:

- negli offset GEOM indicare le posizioni X,Z,R,T degli utensili usati
- negli offset WORK SHIFT Z e W devono essere riempiti con il valore del passaggio dallo zero macchina allo zero griffe, (es. nostro tornio -62.574)
- nel menù TOOLS del WIN3D-View occorre scegliere gli utensili usati

- nel menù WORKPIECE occorre definire il posizionamento del pezzo nelle griffe con particolare attenzione alla posizione dello zero macchina rispetto allo zero pezzo che è dato dalla sporgenza del pezzo dallo zero griffe (nostro esempio 90) + la distanza zero griffe- zero macchina (62.574) = 152.574

Fresa



La definizione del WorkPeace, ossia lo zero pezzo sul simulatore, viene effettuata su una finestra analoga alla figura, dove W rappresenta lo zero pezzo che può trovarsi in una qualunque posizione. Infatti tramite le misure L_1 , L_2 , L_3 , L_4 , la sua posizione è perfettamente determinata rispetto agli spigoli esterni del pezzo.

Le misure A, B, C determinano invece la posizione del pezzo rispetto alla morsa (clamping device).

Le misure X_w , Y_w , Z_w determinano la posizione dello zero pezzo W, rispetto allo zero macchina M.

Lo zero macchina che nella fresa è nell'angolo sinistro-basso della tavola è per comodità traslato sull'angolo sinistro della ganascia fissa della morsa ed è quindi in quello spigolo che va considerato.

PROGRAMMAZIONE AVANZATA “GE FANUC 18i”

Alcune delle Funzioni “M” per CNC FANUC 18i

M00 - Arresto programmato
M01 - Arresto opzionale
M02 - Fine programma e reset

M03 - Rotazione mandrino oraria
M04 - Rotazione mandrino antioraria
M05 - Arresto rotazione mandrino

M07 - Refrigerante alta pressione
M08 - Refrigerante bassa pressione
M09 - Refrigerante STOP

M10 - Attivazione asse “C”
M11 - Disattivazione asse “C”
M16 - Arresto orientato controtesta

M19 - Arresto orientato mandrino in posizione “0” definisce l’attivazione per torni con asse “C” meccanico
M20 - Reset orientamento o disattivazione asse “C” meccanico

M30 - Fine programma

M70 - Bloccaggio mandrino principale con freno e asservimento motore asse “C”
M71 - Sbloccaggio mandrino principale da freno (reset M70 e M94)

M72 - Inserzione limitazione di coppia asse “B”
M73 - Rotazione oraria utensili motorizzati
M74 - Rotazione antioraria utensili motorizzati
M75 - Stop rotazione utensili motorizzati

M91 - Disasservimento asse “B”
M92 - Asservimento asse “B”

M93 - Annulla controllo collisione tra torretta e controtesta

M94 - Bloccaggio mandrino principale con freno e disasservimento motore asse “C”
M95 - Bloccaggio controtesta con freno con motore asse “C” asservito (come M70)
M96 - Asservimento asse “B”

M98 - Richiamo sottoprogramma
M99 - Salto al programma (fine sottoprogramma)

Movimento degli assi

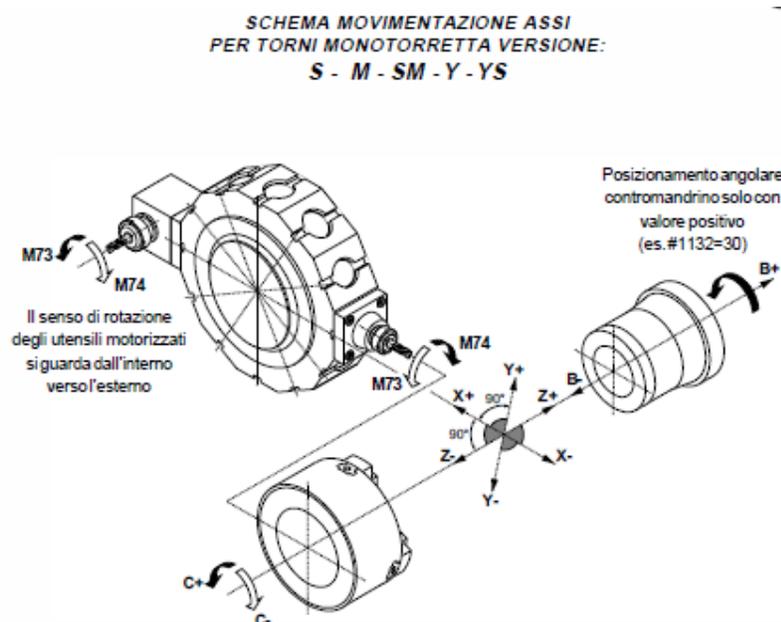
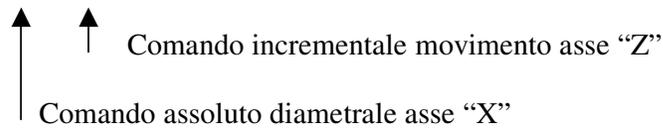
Indirizzi “X(U) – Z(W)”

Nel comando assoluto viene programmato il punto di arrivo dell’utensile riferito allo zero pezzo. Nei comandi incrementali viene programmata la distanza da percorrere rispetto all’ultimo punto programmato

Comando Assoluto	Comando incrementale	Note
X	U	Comando di movimento asse X
Z	W	Comando di movimento asse Z

Nota: - il valore di “U” è diametrale come l’indirizzo “X”
 - nello stesso blocco si possono usare comandi assoluti e incrementali

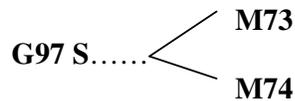
Esempio: G1 X40 W-40



1. COMANDO ROTAZIONE UTENSILI - Funzioni “M73-M74-M75”

Gli utensili motorizzati (punta elicoidale, fresa, maschio, etc.) vengono impiegati per eseguire sul pezzo non in rotazione o in rotazione lenta controllata (Asse “C”) una lavorazione di foratura, fresatura, ecc.

Per la rotazione degli utensili motorizzati è possibile programmare, nella gamma di velocità di ogni macchina, qualunque numero di giri dopo aver attivato l’asse “C” con la funzione M10.



S Numero di giri/min dell’utensile

M73 Rotazione oraria (normalmente usata per utensile destro)

M74 Rotazione antioraria (normalmente usata per utensile sinistro)

M75 Arresto rotazione

Esempio rotazione utensili motorizzati:

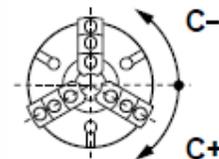
.....	
N500 G97 S1500 M73	rotazione utensile oraria
N505 G0 X100 Z2] programma pezzo
.....	
N600.....	
N605 M75	reset rotazione utensile motorizzato
N610 T0202	
N615 M11	disattivazione asse C

3. ATTIVAZIONE – DISATTIVAZIONE ASSE “C”

Funzioni “M10-M11” - “G28 C0”

L’orientamento mandrino realizzato con asse “C” consente di posizionare e bloccare il mandrino nella intera gamma di 360° con estrema precisione (minore di un primo).

M10	Attivazione asse “C”
G28 C0	Azzeramento asse “C”
C.....	Angolo orientamento dalla posizione 0 con segno; Il senso di rotazione è definito guardando il mandrino frontalmente
.	
M11	Disattivazione asse “C”



Il movimento angolare può essere programmato in rapido “G0” oppure in lento “G1”.

G0 – movimento rapido (~90 g/min)

G1 - movimento lento-deve essere associato sempre con una G94 e F in mm/min

E’ possibile anche utilizzare lo spostamento incrementale H al posto della C (valore assoluto).

Se si usa il movimento lento cioè G1 G94, al termine della lavorazione con utensili motorizzati occorre programmare nuovamente G95 (avanzamento mm/giro)

2.1 Attivazione – disattivazione freno a disco asse “C” Funzione “M70-M71” - “M94”

Per lavorazioni gravose a mandrino fermo può essere utile bloccare il mandrino con il freno a disco; nel caso di fresatura con asse “C” in rotazione, onde evitare l’eventuale penzolamento del mandrino, è consigliato utilizzare una frenatura leggera che consenta lo slittamento del disco.

M70 Attivazione freno a disco mandrino principale con motore asse “C” asservito.

M94 Attivazione freno a disco mandrino principale con motore asse “C” disasservito

M71 Disattivazione freno a disco mandrino principale e controtesta

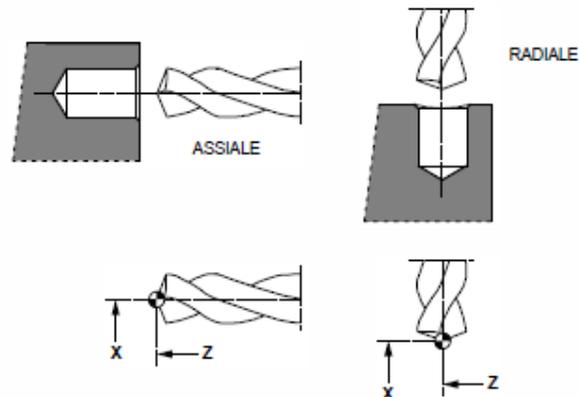
Esempio

.....

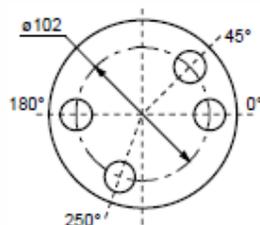
N150	G0 X200 Z100 M5	(allontanamento dell’ultimo utensile non motorizzato e arresto rotazione mandrino)
N155	T5 G40	(chiamata ut. motorizzato e cancellazione compensazione R.U.)
N160	G28 C0	(azzeramento asse “C”)
N165	G0 C10	(orientamento mandrino a 10° rispetto allo zero encoder)
N170	G97 S1000 M73	(rotazione utensili motorizzati a 1000g/1’)
N175	M70	(bloccaggio mandrino con freno a disco e motore asservito)
N180	G0 X...Z....	(posizionamento utensili)
N185	G1 G94 Z....F150	(lavoro)
N190	C45	(l’asse “C” ruota con il freno attivo)

3. FORATURA-FRESATURA A MANDRINO ORIENTATO E BLOCCATO

Gli utensili motorizzati hanno diverse possibilità di eseguire lavorazioni, vediamo esempi di forature assiali (in facciata) e radiali su diametri.

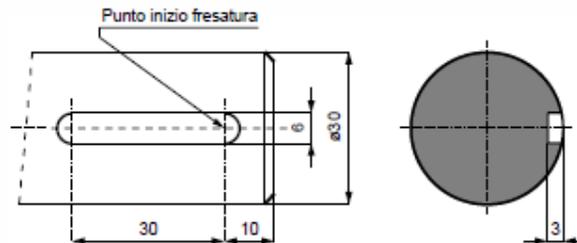


L’azzeramento delle punte deve essere eseguito sull’estremità e sull’asse.
Esempio: esecuzione di una serie di fori in facciata.

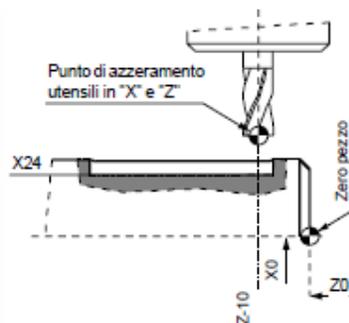


N240	M5	(arresto mandrino)
N245	T5 G40 M8	(scelta utensile, annullo compensazione R, lubrificazione)
N250	M10	(attivazione asse "C")
N255	G28 C0	(azzeramento asse "C")
N260	G0 C0	(richiamo origine asse "C")
N265	G97 S800 M73	(rotaz. oraria utensili motorizzati a 800g/min)
N270	G0 X102 Z2 M70	(posiz. utensile e bloccaggio con freno del mandrino)
N275	G1 G94 Z-10 F150	(lavoro con avanzamento mm/1')
N280	G0 Z2	(disimpegno utensile)
N285	C45	(rotazione mandrino con freno sbloccato)
N290	G1 Z-10	
N300	G0 Z2	
N305	C180	
N310	G1 Z-10	
N315	G0 Z2	
N320	C250	
N325	G1 Z-10	
N330	G0 Z30	
N335	G0 X150 M9 M71	(stop refrigerazione e sblocco freno mandrino)
N340	M75	(arresto rotazione utensili motorizzati)
N350	M11	(disattivazione asse "C")

3.1 Taglio di una chiavetta su un albero



Questa lavorazione avviene con una fresa a candela $\Phi 6$ mm montata su un mandrinetto motorizzato radiale, azzerata sull'estremità e sull'asse della fresa.

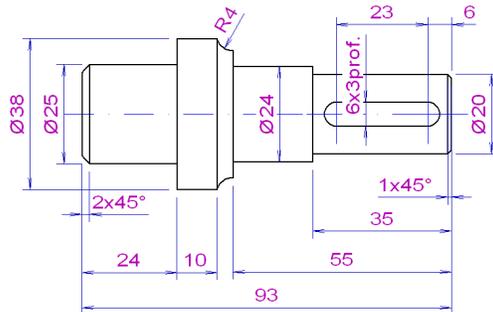


N550	T7 G40 M8	(scelta utensile, annullo compensazioni, attiva lubrificazione)
N555	M10	(attivazione asse "C")
N560	G28 C0	(azzeramento asse "C")
N565	G0 C0	(richiamo origine asse "C")
N570	M70	(blocco mandrino con freno)
N575	G97 S800 M73	(rot.oraria utens. motorizz. A giri costanti)
N580	G0 X32 Z-10	(posizionamento rapido inizio chiavetta)
N585	G1G94 X30 F100	(accostamento utens. al pezzo e avanzamento in mm/1')
N590	X24 Z-40 F150	(penetrazione angolare)
N595	Z-10 F170	(esecuzione fondo e finitura chiavetta)

N600 X32 F400 (distacco fresa)
 N605 G0X100Z30 M9M75 (stop lubrificazione e stop utensili motorizzati)
 N610 M71 (sblocco freno mandrino)
 N615 M11 (disattivazione asse "C")

Scrivere il programma per realizzare l'alberino tenendo presente che il pezzo grezzo di partenza è di diametro 40mm e lunghezza 95mm. Mat. C30
 E' evidente che occorre fare due programmi perché il pezzo deve essere montato e smontato due volte.

La prima fase riguarderà il lato col diametro di 25 mm, perché nella seconda fase il pezzo si monterà a battuta diametro 25/38 mm e lo zero andrà effettuato su questa



fase 1:

N05 G92 W-60 (fuori griffe fra 60.5 e 61mm)
 N10 T0101 (utensile sgrossatore)
 N15 S120 F0.15 G96
 N20 G0 X42 Z0
 N25 G1 X-3
 N30 G0 X41 Z1 F0.3
 N35 G73 U1 R0.5
 N40 G73 P45 Q 70 U 0.5 W 0.3
 N45 G0 X21 Z1
 N50 G1 Z0
 N55 X25 Z-2
 N60 Z-24
 N65 X38
 N70 Z-35
 N75 X50 Z30
 N80 T0202 (utensile finitore)
 N85 G0X41Z1
 N90 S160 F0.10
 N95 G72 P45 Q70
 N100 G0 X50 Z30
 N105 M30

%

fase 2

N05 G92 W0 (sulle griffe)
 N10 T0101
 N15 S120 F0.15
 N20 G0 X41 Z69
 N25 G1 X-3
 N30 G0 X41 Z1 F0.3

N35 G73 U1 R0.5
N40 G73 P45 Q85 U 0.5 W0.3
N45 G0 X18 Z70
N50 G1Z69
N55 X20 Z68
N60 Z34
N65 X24
N70 Z14
N75 X30
N80 G2 X38 Z10 R4
N85 G0 X40
N90 Z30
N95 T0202
N100 S180 F0.1
N105 G0X40Z1 G42
N110 G72 P45 Q85
N115 G0 X50 Z40
N120 T0303 G40 (fresotto dia.6 motorizzato e si annulla l'eventuale compensazione))
N125 M10 (attivazione asse C)
N130 G28 C0 (azzeramento asse C)
N135 G0 C0 (richiamo posizione C0)
N140 M70 (blocco mandrino con freno)
N145 G97 S800 M73 (giri costanti)
N150 G0 X21 Z63
N155 G1 G94 F50 X14 Z40 (penetrazione diagonale e F in mm/1')
N160 Z63 F100 (finitura fondo)
N165 G0 X30 M71 (sblocco freno asse C)
N170 Z100 M11 (disattivazione asse C)
N175 M30
%