

**Un sistema interattivo basato sull'APL
per la programmazione automatica di
cicli di lavorazione per pezzi di tornitura**

V. Casarosa - G. Faconti - S. Trumpy

45

CNUCE

A cura di: V. Casarosa
G. Faonti
S. Trumpy

Copyright 5 Gennaio 1974
by CNUCE - Pisa

Istituto del Consiglio Nazionale delle Ricerche

UN SISTEMA INTERATTIVO BASATO SULL'API
PER LA PROGRAMMAZIONE AUTOMATICA DI
CICLI DI LAVORAZIONE PER PEZZI DI TORNITURA

V.CASAROSA
G.FACONTI
S.TRUMPY

CNUCE
Gennaio 74

INDICE

1 - Considerazioni introduttive	pag. 1
2 - Descrizione dei processi tecnologici	pag. 6
2.1 - Generalita'	pag. 6
2.2 - Descrizione dei cicli di lavorazione	pag. 15
2.2.1 - Operazione di sfacciatura	pag. 15
2.2.2 - Operazione di foratura	pag. 15
2.2.3 - Operazione di sgrossatura	pag. 16
2.2.4 - Operazione di semifinitura e finitura	pag. 18
2.2.5 - Esecuzione delle gole	pag. 20
2.2.6 - Esecuzione degli scarichi di lavorazione	pag. 21
3 - Modalita' d'uso del sistema "CORNIO"	pag. 23
3.1 - Descrizione del pezzo da lavorare	pag. 23
3.2 - Modalita' d'uso	pag. 25
3.2.1 - Caricamento del sistema	pag. 25
3.2.2 - Richiesta dei dati	pag. 25

APPENDICE A

APPENDICE B

RIFERIMENTI

1 - Considerazioni introduttive

Nella presente nota tecnica vengono illustrate le modalita' d'uso di un sistema interattivo per la determinazione automatica del percorso utensile e dei parametri tecnologici per lavorazioni di tornitura di larga applicazione. Questo sistema permette inoltre di visualizzare su PLOTTER HP 7210A [9] on line con il terminale la traiettoria dell'utensile durante la lavorazione.

La possibilita' di un controllo visivo immediato della traiettoria dell'utensile permette all'utilizzatore di correggere subito gli eventuali errori e di ripetere la procedura fino a che i dati di uscita sono reputati soddisfacenti. E' prevista inoltre la possibilita' di far stampare i dati finali sulla stampante veloce fuori linea.

Questo sistema interattivo, chiamato 'TORNO', e' stato realizzato per mezzo di un insieme di funzioni APL [7], che si trovano memorizzate nella libreria pubblica 5 del sistema APL-CMS [8]. In ogni modo il sistema 'TORNO' e' utilizzabile, secondo le modalita' che saranno descritte nel capitolo 3, da chiunque abbia la possibilita' di usare una macchina virtuale.

Si suppone che il lettore della presente nota sia familiare con la terminologia relativa alle tecnologie per le lavorazioni su macchine utensili, ed alle tecniche di programmazione automatica delle macchine utensili a controllo numerico. Per una trattazione estensiva degli argomenti di cui in seguito faremo solo un accenno si rimanda ai riferimenti: [1], [2], [3], [4], [5], [6].

E' noto che l'uso del calcolatore in connessione alle macchine utensili si e' diffuso con l'avvento delle macchine utensili a controllo numerico le quali sono pilotate, tramite una unita' di governo elettronica, da una banda perforata, la quale e' stata generata da un'apposita unita' periferica del calcolatore.

Sono disponibili sul mercato molti linguaggi di programmazione che hanno lo scopo di fornire la banda perforata che pilota le macchine utensili. Tra questi linguaggi ve ne sono alcuni come l'AUTOPO1 e l'EXAPT2 che sono esclusivamente orientati per risolvere operazioni di tornitura, mentre altri come l'AD-APT, l'IFAPT ed il 2CL

hanno scopo piu' generale permettendo operazioni di fresatura di figure a geometria piana e solida, ma vengono comunemente usati anche per operazioni di tornitura.

Per meglio caratterizzare i vantaggi ed i limiti del sistema "TCRNIO" vengono adesso messe a confronto le caratteristiche salienti di questo sistema con quelle dei linguaggi sopra citati.

a1) I linguaggi per il controllo numerico hanno tutti un utilizzo del tipo "batch service" oppure di tipo "remote job entry" da terminale remoto. Questo significa che il programma viene letto dal calcolatore come un blocco unico e l'uscita viene data ad esecuzione avvenuta.

a2) Il sistema "TCRNIO" e' utilizzabile esclusivamente da un terminale che lavora in modo conversazionale. Questo significa che l'utente alterna fasi di ingresso di dati a fasi di elaborazione ed in questo modo ha un controllo diretto dei successivi passi di esecuzione.

b1) I linguaggi per il controllo numerico hanno una sintassi che si basa su quella del FORTRAN. Un programma e' costituito da una sequenza di righe che descrivono la geometria del pezzo, le operazioni tecnologiche etc.

b2) Dato l'utilizzo conversazionale del sistema "TCRNIO", non esiste praticamente linguaggio di ingresso in quanto l'utente deve solo rispondere a domande o fornire dati numerici nel modo che gli viene specificato di volta in volta dal sistema.

c1) L'esecuzione dei programmi viene normalmente eseguita in tre fasi fondamentali:

- 1) ricerca di errori sintattici e definizione della geometria del pezzo
- 2) calcolo della traiettoria dell'utensile
- 3) post-processor

Le tre fasi vengono eseguite in sequenza; la esecuzione di una fase non inizia finche' tutta l'elaborazione relativa alla fase precedente non viene accettata come corretta.

Le fasi 1 e 2 costituiscono quello che viene chiamato "processor", cioe' quella parte di programma che determina

tutti i dati geometrici e tecnologici, indipendentemente dalla macchina utensile su cui avverrà la lavorazione.

La fase 3 detta 'post-processor' traduce i dati che sono l'uscita delle fasi precedenti (normalmente organizzati in modo standard in un file detto CLDATA) nei codici relativi ai comandi della unità di governo della macchina utensile che si intende utilizzare. La fase 3 produce in uscita anche la banda perforata che pilota la macchina utensile.

c2) Durante una seduta di lavoro in cui si utilizza il sistema 'TORNIO', l'elaborazione avviene in modo del tutto sequenziale, nel senso che ad ogni ingresso di dati vengono immediatamente eseguite delle elaborazioni.

Per il momento il sistema 'TORNIO' non contempla la fase di post-processing per la mancanza di un terminale capace di fornire la banda perforata. Non appena sarà disponibile un terminale con perforatore di banda, per produrre i nastri di controllo di una particolare macchina utensile occorrerà aggiungere al sistema 'TORNIO' un insieme di funzioni di uscita capaci di codificare le informazioni finali (organizzate in un formato simile a quello standard del file CLDATA) nelle perforazioni relative sulla banda di uscita.

d1) I 'processors' ed i 'post-processors' dei linguaggi per il controllo numerico sono scritti in FORTRAN in gran parte; alcune parti sono scritte in linguaggio macchina.

d2) Il sistema 'TORNIO' è realizzato interamente con funzioni scritte nel linguaggio APL.

e1) Definizione geometrica.

Nei linguaggi a controllo numerico in genere il profilo del pezzo viene descritto come una sequenza di enti geometrici di base come rette, cerchi e punti. Questi enti geometrici possono essere definiti o mediante i parametri canonici (coordinate per i punti, coordinate e raggio per i cerchi etc.), oppure mediante frasi che definiscono le costruzioni geometriche più genericamente adottate nel disegno meccanico. Ad esempio

C1=CIRCLE/TANTO,L1,L2

definisce il cerchio tangente alle rette L1 ed L2.

Ovviamente quanto maggiore è il numero di enti geometrici definibili e quanto maggiore il numero di

costruzioni possibile per ogni ente, tanto maggiori sono le dimensioni del "processor" geometrico dei linguaggi in esame.

e2) Il sistema "TCRNIC" ha un "processor" geometrico ridotto che si basa su definizioni di profili formati esclusivamente da rette e cerchi di cui si conoscano i punti di intersezione o di tangenza.

Questo assunto non da limitazioni molto gravose per la maggioranza delle lavorazioni di tornitura in quanto i pezzi torniti hanno per lo piu' forme abbastanza semplici (ad esempio quella riportata in fig.18) ed i punti di tangenza delle rette e dei cerchi di raccordo possono essere ricavati con facilità dal disegno.

L'estrema semplicità nella definizione del pezzo ha portato naturalmente ad una notevole riduzione del numero di funzioni necessarie.

f1) Dimensioni del "processor".

Vale a questo proposito la considerazione che quanto piu' un linguaggio ha scopo generale, tanto piu' grandi sono le dimensioni del "processor" per la grande quantità di casi particolari che esso e' tenuto a soddisfare.

Molto spesso quindi un utente e' costretto ad usare un "processor" molto generale (e quindi molto grande) di cui pero' utilizza la piena generalità solo in una piccola percentuale di casi.

f2) Il sistema "TCRNIC" puo' lavorare in spazi di memoria molto ridotti. Per pezzi non molto complessi sono sufficienti i 36K dello spazio di lavoro standard dell'APL. Per chi usa l'APL-CMS non vi sono in ogni caso problemi perche' con la configurazione minima di macchina virtuale si hanno a disposizione 256K di memoria e 11CK di spazio di lavoro APL.

Le dimensioni di memoria ridotte sono come già detto conseguenza del fatto che il sistema "TCRNIC" e' stato concepito per risolvere i casi di lavorazione piu' comunemente usati senza considerare geometrie o cicli di lavorazione particolari.

Nel capitolo 2 della presente nota viene fatta la descrizione dei cicli tecnologici realizzabili e di come vengono determinati i parametri del taglio.

Nel capitolo 3 viene fatta la descrizione delle modalita' alle quali l'utente deve attenersi per usare il sistema 'TCRNIO'.

In appendice A viene mostrato un esempio dell'utilizzo del sistema per la lavorazione del pezzo riportato in fig. 18.

In appendice B viene data una breve descrizione delle funzioni che realizzano il sistema 'TORNIO'.

2 - Descrizione dei processi tecnologici

2.1 - Generalita'

La lista dei materiali per cui si e' prevista la possibilita' di lavorazione e' riportata nella seguente tabella:

TABELLA I

1	acciaio con carico di rottura $R < 40$ Kg/mm ²
2	acciaio con carico di rottura $R = 40-50$ Kg/mm ²
3	acciaio con carico di rottura $R = 50-60$ Kg/mm ²
4	acciaio con carico di rottura $R = 60-80$ Kg/mm ²
5	acciaio con carico di rottura $R = 80-120$ Kg/mm ²
6	acciaio con carico di rottura $R = 120-160$ Kg/mm ²
7	alluminio, leghe dolci
8	alluminio, leghe dure
9	alluminio, leghe al silicio (Silumin)

Se si assume che le corse di lavoro avvengano sempre in un senso (da destra a sinistra), questo fatto permette di ridurre l'impiego di utensili. Sono stati presi in esame alcuni tipi di utensili base con cui si copre la totalita' delle lavorazioni permesse; essi sono tutti utensili curvi sinistri e sono catalogati come segue:

- 1 utensile per sgrossatura esterna (fig. 1)
- 2 utensile per semifinitura esterna, finitura esterna e sfacciatura (fig.2)

- 3 utensile per l'esecuzione delle gole esterne (fig. 3)
- 4 utensile per l'esecuzione degli scarichi di lavorazione esterni (fig. 4)
- 5 utensile per sgrossatura interna (fig. 5)
- 6 utensile per semifinitura e finitura interne (fig. 6)
- 7 utensile per l'esecuzione delle gole interne (fig. 7)
- 8 utensile per l'esecuzione degli scarichi di lavorazione interni (fig. 8)
- 9 punta da trapano (fig. 9)

Le profondita' di passata nelle successive corse di lavoro sono mantenute per quanto possibile, vicine tra loro per evitare sbalzi di sfruttamento di potenza della macchina utensile tra una passata e l'altra. Inoltre si cerca di tenere tali profondita' di passata il piu' vicino possibile al valore massimo ammesso, in modo da sfruttare la macchina al meglio del suo rendimento.

Le velocita' di taglio e gli avanzamenti con i quali vengono effettuate le passate di tornitura sono ricavati in base a valori consigliati [10] per le lavorazioni al tornio e secondo il principio che il massimo rendimento di lavorazione si ottiene operando a velocita' di taglio costante. I valori dei parametri di taglio assunti al variare rispettivamente dei diametri del pezzo, del tipo di lavorazione, della sezione del truciolo e del tipo di materiale usato, sono riportati nelle tabelle II, III, IVa e IVb.

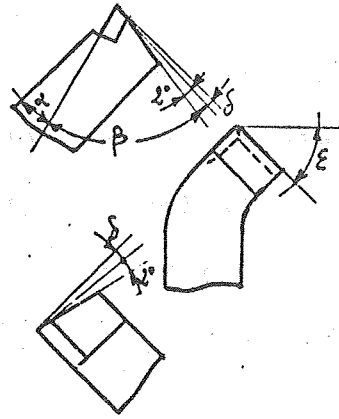


fig.1

alluminio	15	65	10	-	50
acc.dolce	15	70	5	-	45
acc.duro	8	77	5	-	40

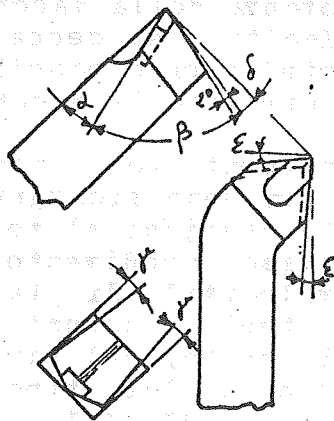


fig.2

alluminio	15	65	10	6	4
acc.dolce	15	70	5	5	4
acc.duro	8	77	5	5	4

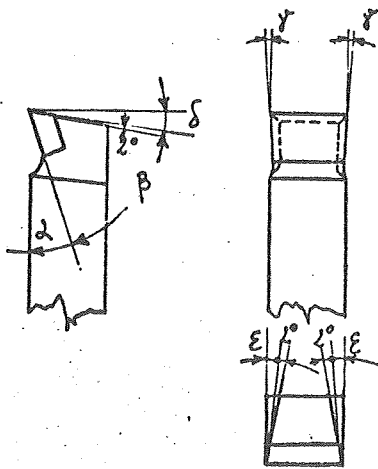


fig.3

alluminio	15	65	10	6	6
acc.dolce	15	70	5	5	5
acc.duro	8	77	5	5	5

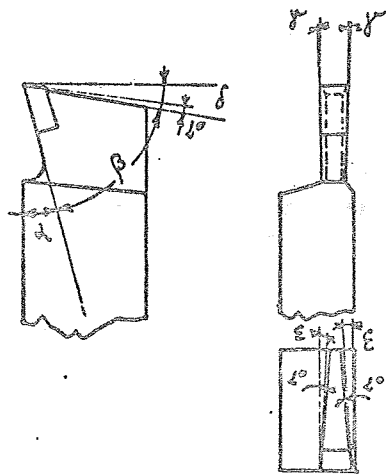


fig.4

alluminio	15	65	10	2	1.5
acc.dolce	15	70	5	2	1.5
acc.duro	8	77	5	2	1.5

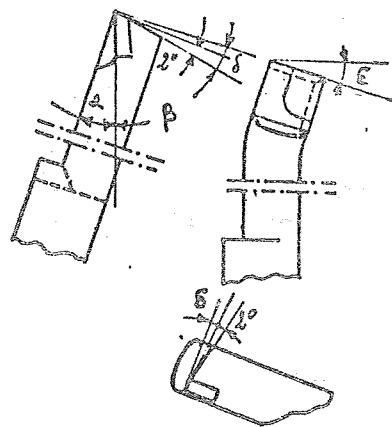


fig.5

alluminio	15	65	10	-	15
acc.dolce	15	70	5	-	20
acc.duro	8	77	5	-	20

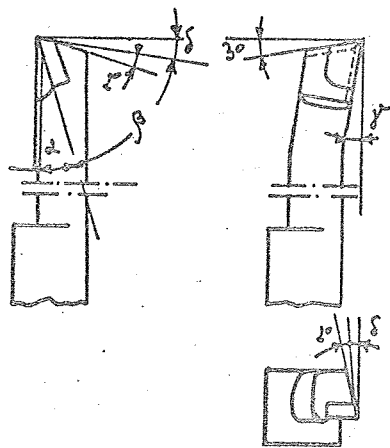


fig.6

alluminio	15	65	10	8	-
acc.dolce	15	70	5	8	-
acc.duro	8	77	5	8	-

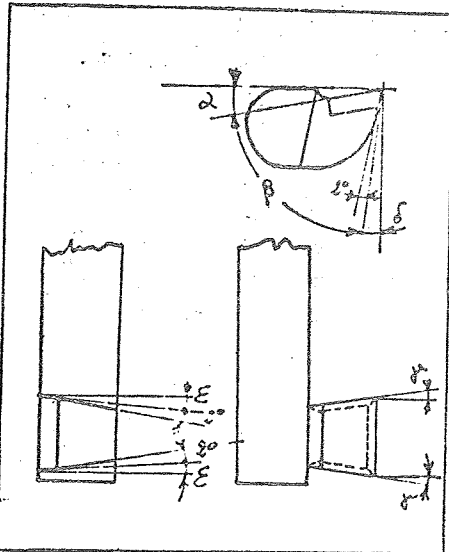


fig.7

alluminio	15	65	10	5	6
acc.dolce	15	70	5	5	5
acc.duro	8	77	5	5	5

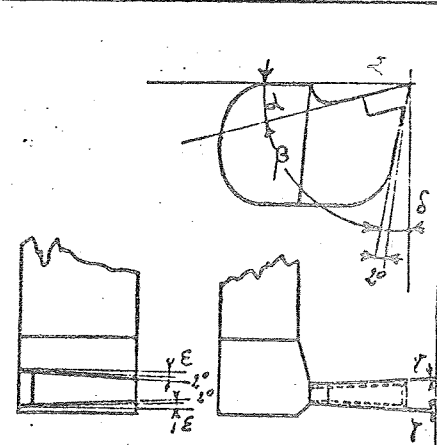


fig.8

alluminio	15	65	10	2	1.5
acc.dolce	15	70	5	2	1.5
acc.duro	8	77	5	2	1.5

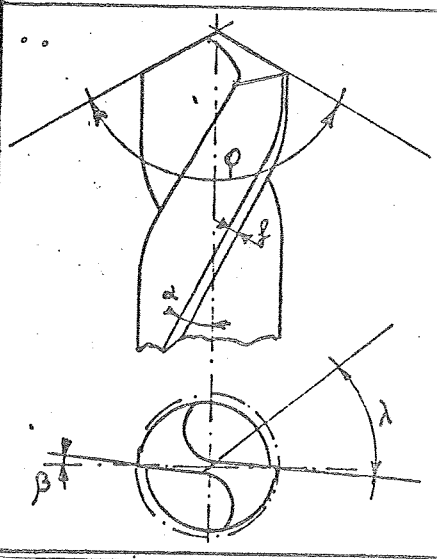


fig.9

alluminio	40-45	116-120	50-60	2
acciaio	30	116-120	50-60	2

la quota 'f' varia da 1 a 3 mm. per diametri da 3 a 40 mm.

TABELLA II

AVANZAMENTI INDICATI NELLE OPERAZIONI DI TORNITURA IN FUNZIONE DEI DIAMETRI mm/giro			
diametri	SGROSSATURA	SEMIFINITURA FINITURA	TORNITURA INTERNA TAGLIO
10-25	0.10	0.05	C. C5
25-50	0.20	0.10	C. 1 C
50-75	0.25	0.15	0.1 C
75-100	0.30	0.20	C. 1 C
100-150	0.40	0.30	0.2 C
150-300	0.50	0.40	0.2 C
300-500	0.60	0.50	C. 3 C

TABELLA III

AVANZAMENTI INDICATI NELLE OPERAZIONI DI FORATURA

mm/giro

diametri	TIPO DI MATERIALE								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2-4	0.09	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04	0.13	0.12	0.10
4-8	0.11	0.09	0.08	0.06	0.06	0.05	0.15	0.14	0.12
8-14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.08	0.06	0.17	0.15	0.13
14-20	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.06	0.19	0.17	0.15
20-28	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.21	0.20	0.19
28-40	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.27	0.25	0.24

TABELLA IV a

VELOCITA' DI TAGLIO NELLE OPERAZIONI DI FORMATURA IN RELAZIONE ALLA
SEZIONE DEL TRUCIOTO ED AL MATERIALE DA LAVORARE
(mm/1°)

	TIPO DI MATERIALE								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.2	225	175	117	81	57	45	1250	800	500
0.3	165	147	102	72	54	43	950	650	410
0.4	146	132	90	66	51	40	800	560	350
0.5	134	120	84	60	47	38	700	500	315
0.6	122	111	78	57	45	36	625	450	275
0.7	112	103	75	54	42	33	560	425	268
0.8	108	100	72	54	42	33	510	400	250
0.9	104	93	69	51	39	31	460	375	235
1.0	98	90	66	48	39	31	430	340	215
1.3	90	84	60	48	36	29	400	310	195

TABELLA IV b

VELOCITA' DI TAGLIO NELLE OPERAZIONI DI FORNITURA IN RELAZIONE ALLA
 SEZIONE DEL TRUCIOLO ED AL MATERIALE DA LAVORARE
 (mm/1')

	TIPO DI MATERIALE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
S	1.5	83	75	57	45	36	28	360	275	174
F	1.8	77	72	54	42	33	26	325	255	160
Z	2.0	72	66	51	42	33	26	295	238	148
O	2.5	64	63	48	39	30	24	255	220	138
N	3.0	59	57	45	36	30	24	230	200	125
T	3.5	56	54	42	36	27	22	210	180	113
R	4.0	53	51	39	33	27	22	195	170	107
C	4.5	50	48	39	33	27	22	180	160	100
I	5.0	48	45	36	30	26	21	170	150	94
L	6.0	45	42	36	30	26	21	155	140	88

2.2 - Descrizione dei cicli di lavorazione

2.2.1 - Operazione di sfacciatura

Ciclo di lavorazione (fig.10)

POSIZIONAMENTO (movimento rapido)
 MOVIMENTO DI SFACCIATURA (movimento lento)
 RITORNO (movimento rapido)

L'utensile si muove dal set-point predisponendosi per l'esecuzione della sfacciatura che avviene con velocità di taglio costante ed avanzamento determinato in base al diametro da cui inizia l'operazione di taglio. Il ritorno avviene in movimento rapido direttamente dal punto di fine corsa al set-point.

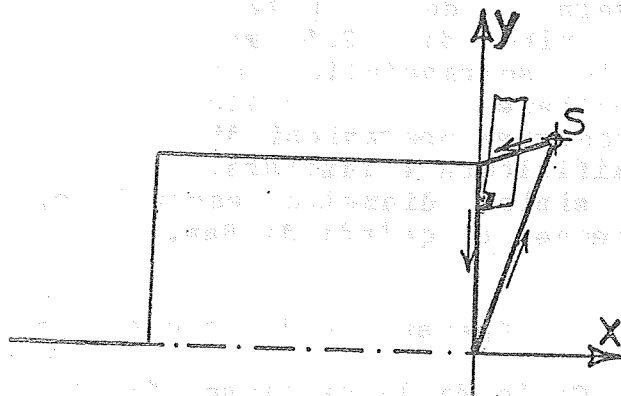


fig.1C

2.2.2 - Operazione di foratura

Ciclo di lavorazione (fig.11)

POSIZIONAMENTO (movimento rapido)
 MOVIMENTO DI FORATURA (movimento lento)
 RITORNO in due fasi (movimento lento-movimento rapido)

Questo ciclo è previsto per lavorazioni interne di pezzi che non siano stati preventivamente forati.

L'utensile si muove dal set-point in movimento rapido portando il proprio asse a coincidere con quello del pezzo. L'operazione di foratura avviene con velocità di taglio costante ed avanzamento calcolato in base al diametro della punta a forare. Il ritorno comprende un movimento

lento finché l'utensile non è completamente fuoriuscito dal foro ed un movimento rapido successivo.

È prevista una serie di punte da trapano con diametri da 3 a 20 mm. ad intervalli di 1 mm. e da 20 a 40 mm. ad intervalli di 2 mm.

Il diametro dell'utensile da usarsi è uguale al minimo diametro del profilo interno del pezzo, diminuito di 2.5 mm. quale sovrametallo da asportare nelle successive operazioni di semifinitura e finitura.

Il minimo diametro eseguibile, in caso di lavorazioni interne, è quindi di 8mm.

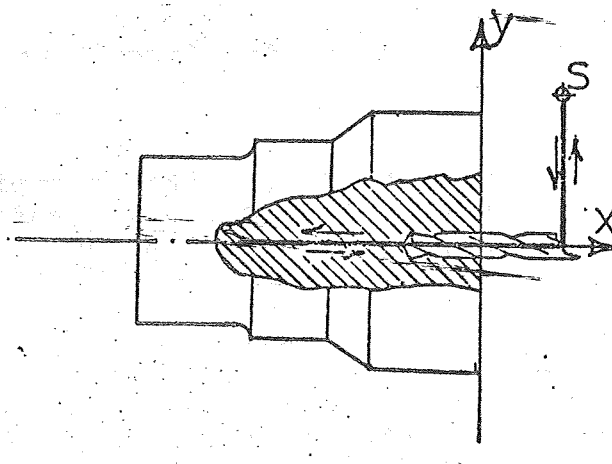


fig. 11

2.2.3 - Operazione di sgrossatura

Ciclo di lavorazione (fig. 12 e 13)

POSIZIONAMENTO (movimento rapido)
 PASSATA DI SGROSSATURA (movimento lento)
 SALITA DIAGONALE (movimento rapido)
 RITORNO (movimento rapido)

Nel presente lavoro la fase di sgrossatura è stata realizzata in modo da dare al pezzo una forma approssimata del pezzo finito costituita da una spezzata che segue i punti di definizione del profilo.

All'utilizzatore viene chiesta la profondità di passata massima e questo dato, insieme alle misure dei diametri definenti la geometria del pezzo, serve alla determinazione degli spessori di materiale che verranno asportati nelle successive passate che realizzano il ciclo.

Lo spessore massimo di sovrametallo da asportare nella fase di sgrossatura è dato dalla differenza tra il raggio della barra di partenza ed il minimo raggio del profilo del pezzo sgrossato.

La determinazione del numero di passate necessarie per completare il ciclo e dello spessore di sovrametallo asportato ad ogni singola passata avviene in due fasi:

a) se la differenza tra il raggio del grezzo ed il massimo raggio del profilo sgrossato non supera la profondità massima ammessa, viene effettuata una passata al livello del diametro massimo del profilo stesso. Se tale differenza risulta maggiore della profondità di passata massima, viene eseguita una serie di passate con profondità uguale per tutte, determinata in base a quella massima.

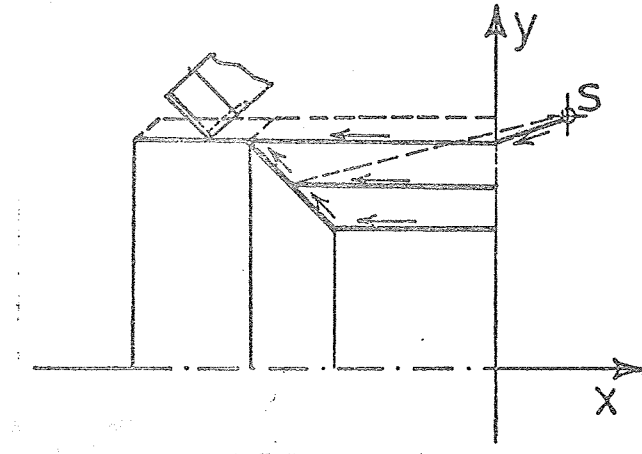


fig. 12

b) Lo spessore rimanente di sovrametallo è diviso in una serie di spessori dati dalle differenze dei raggi definenti la geometria del pezzo sgrossato.

Se uno o più spessori risultano superiori alla profondità di passata massima ammessa si provvede a suddividerli ulteriormente finché gli spessori risultanti non sono minori del massimo ammesso.

Gli spessori così ottenuti sono sommati successivamente finché la loro somma resta inferiore alla profondità di passata massima.

Quando tale somma supera il massimo, una profondità di passata è definita e si ripete l'operazione per gli spessori restanti.

I valori degli avanzamenti e delle velocità di taglio

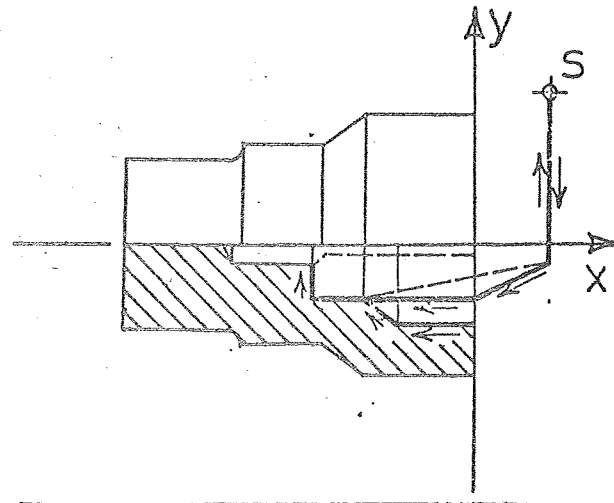


fig. 13

relativi ad ogni passata sono determinati in base ai diametri, alla profondita' di passata, alla sezione del truciolo ed al tipo di materiale da lavorare.

Il ciclo di lavorazione inizia con un movimento rapido dell'utensile dal set-point al punto di attacco sul pezzo.

A questo punto viene effettuata una o una serie di corse di lavoro come definito in a, fino al punto di fine corsa con moto rettilineo lento e profondita' di passata costante. Nelle passate seguenti la traiettoria rettilinea descritta dal tagliente dell'utensile incontra sempre il profilo del pezzo e da quel punto segue il profilo stesso fino a raggiungere il diametro definito dalla passata precedente.

Il moto di ritorno avviene in movimento rapido e comprende un moto di salita diagonale a 45 gradi per un tratto di circa 4,5mm. ed un moto parallelo all'asse del pezzo effettuato di seguito.

Il moto di ritorno dell'utensile al set-point dopo l'esecuzione dell'ultima passata, avviene direttamente dal punto di fine corsa al set-point stesso con un movimento rapido diagonale.

2.2.4 - Operazioni di semifinitura e finitura

Questi due cicli differiscono unicamente per l'entita' di sovrametallo asportato nella passata di lavoro, che e' richiesta dal programma.

Ciclo di lavorazione (fig.14 e 15)

POSIZIONAMENTO (movimento rapido)

MOVIMENTO DI CONTORNITURA (movimento lento)

RITORNO (movimento rapido)

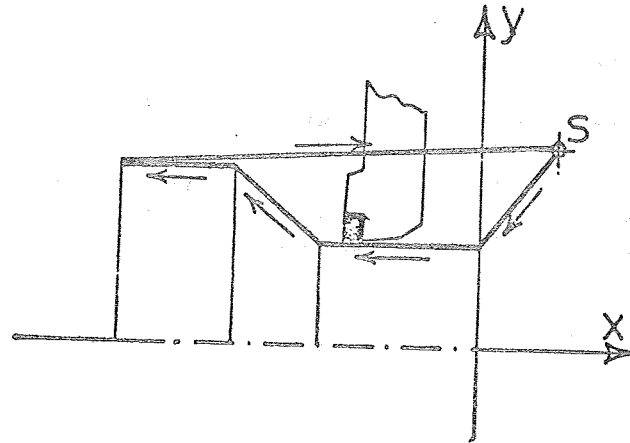


fig.14

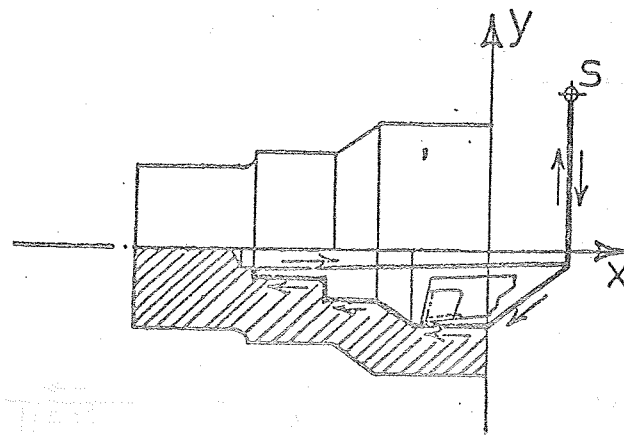


fig.15

L'utensile, partendo dal set-point, si predispone, in movimento rapido, per l'operazione di contornitura che viene effettuata a velocità di taglio costante con avanzamenti calcolati in base ai diametri definenti il profilo del pezzo e seguendo completamente il profilo stesso. Il moto di ritorno avviene diagonalmente dal punto di fine corsa al set-point in movimento rapido.

2.2.5 - Esecuzione delle gole

Ciclo di lavorazione (fig.16)

POSIZIONAMENTO in due fasi (movimento rapido)
 ESECUZIONE DELLE GOLE (movimento lento-movimento rapido)
 RITORNO in due fasi (movimento rapido)

Poiche' si e' considerato che l'utensile utilizzato nell'esecuzione di gole o cave sia disponibile nell'unica forma di cui alla fig.5 e fig.6, ne risulta che il profilo definente la gola stessa deve avere un tratto rettilineo al diametro minimo (massimo nelle lavorazioni interne).

L'utensile si posiziona in movimento rapido con due spostamenti successivi:

a) un movimento parallelo all'asse del pezzo, partendo dal set-point

b) un movimento ortogonale all'asse del pezzo, eseguito dopo il moto a, al fine di evitare possibili interferenze dell'utensile con il pezzo stesso.

Se la gola e' a pareti ortogonali all'asse del pezzo, il ciclo e' effettuato con un'unico movimento di taglio lento quando la larghezza dell'utensile in uso e' uguale alla larghezza della gola da ricavare, oppure in due fasi (sgrossatura e finitura), se la larghezza dell'utensile risulta minore della larghezza della gola stessa. Quando la gola non e' pareti ortogonali all'asse del pezzo, il ciclo avviene sempre in due fasi.

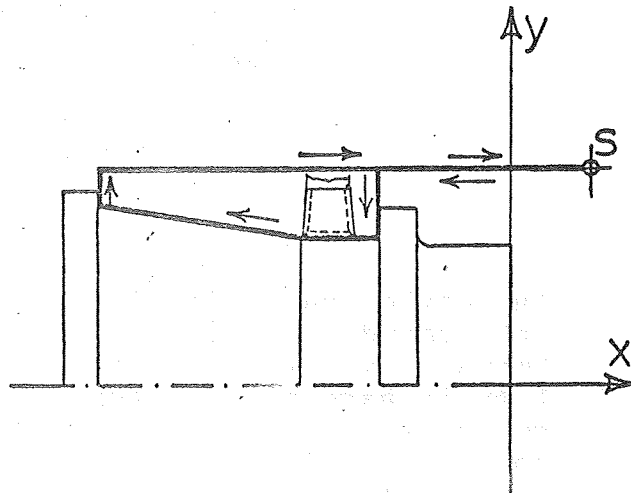


fig. 16

Nel caso che la larghezza dell'utensile sia maggiore della larghezza della gola al suo diametro minimo (massimo

per lavorazioni interne) viene comunicato un messaggio di errore con una richiesta di correzione.

Nel caso di esecuzione della gola in due cicli, l'esecuzione stessa comprende:

- a) ciclo di sgrossatura
- b) ciclo di finitura.

Le modalita' con cui vengono effettuati questi due cicli non differiscono da quanto descritto precedentemente per le operazioni di cui ai paragrafi 2.2.3 e 2.2.4.

Nel movimento di ritorno, una volta ottenuta la gola, l'utensile percorre la stessa traiettoria percorsa nel posizionamento, ovviamente in senso opposto.

Qualora siano presenti piu' gole sullo stesso pezzo, l'utensile deve essere dimensionato in base alla gola di minor larghezza, e le gole stesse vengono eseguite senza movimenti di ritorno tra un ciclo ed il successivo, ma con movimenti di posizionamento interposti ai moti di taglio e comprendenti:

- a) salita in moto rapido ortogonale all'asse del pezzo
- b) un movimento rapido parallelo all'asse del pezzo
- c) discesa in moto rapido ortogonale all'asse del pezzo.

Il moto di ritorno e' ancora in due fasi: salita in movimento rapido ortogonale all'asse del pezzo e movimento rapido parallelo all'asse stesso fino al set-point.

2.2.6 - Esecuzione degli scarichi di lavorazione

Ciclo di lavorazione (fig.17)

POSIZIONAMENTO in due fasi (movimento rapido)
 TAGLIO (movimento lento)
 RITORNO in due fasi (movimento rapido)

Gli scarichi di lavorazione, eventualmente presenti sul pezzo, devono avere le seguenti dimensioni:

- 2 mm. di larghezza
- 1 mm. di profondita'

Il posizionamento rapido dell'utensile avviene in due fasi:

- a) un movimento parallelo all'asse del pezzo, partendo dal set-point
- b) un movimento ortogonale all'asse del pezzo, eseguito dopo il moto a, al fine di evitare possibili interferenze

dell'utensile con il pezzo stesso.

Il moto di taglio viene effettuato a velocità di taglio costante con avanzamento calcolato in base al diametro dello scarico. Nel movimento di ritorno rapido l'utensile percorre la stessa traiettoria percorsa nel posizionamento, ovviamente in senso opposto.

Qualora siano presenti più scarichi di lavorazione sullo stesso pezzo, essi vengono eseguiti senza moti di ritorno tra un ciclo di

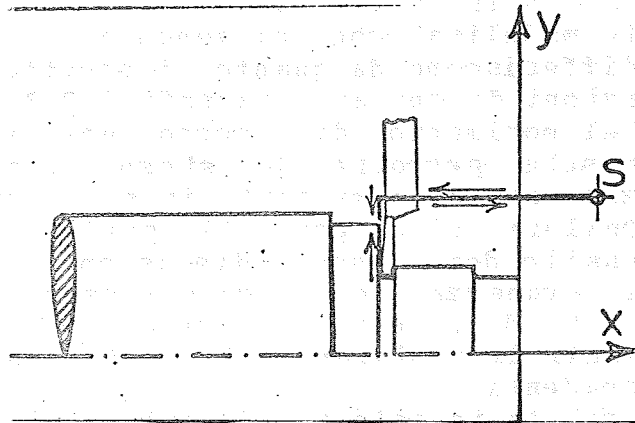


fig.17

taglio ed il successivo, ma con movimenti di posizionamento interposti ai moti di taglio e comprendenti:

- salita in movimento rapido ortogonale all'asse del pezzo
- un movimento rapido parallelo all'asse del pezzo
- discesa in movimento rapido ortogonale all'asse del pezzo.

Il moto di ritorno è ancora in due fasi: salita in movimento rapido ortogonale all'asse del pezzo e movimento rapido parallelo all'asse stesso fino al set-point.

3 - Modalità d'uso del sistema 'TORNIO'

3.1 - Descrizione del pezzo da lavorare

Il primo passo per un uso corretto del sistema 'TORNIO' è quello di determinare la esatta definizione del profilo del pezzo da eseguire secondo quanto accennato nel capitolo 1.

Nell'esame di un pezzo da lavorare al tornio si possono riscontrare due diversi casi:

a) il pezzo è definito in maniera tale che, scelto un verso di percorrenza lungo l'asse, i diametri del pezzo sono tutti crescenti, escluse le eventuali cave o scarichi di lavorazione.

È sufficiente allora eseguire una sola fase di tornitura per l'ottenimento del pezzo stesso.

b) il pezzo è tale che, scelto un verso di percorrenza lungo l'asse, i diametri sono dapprima in ordine crescente e quindi in ordine decrescente.

Poiché si è supposto che le corse di lavoro avvengano sempre in un senso, occorre in tal caso effettuare due cicli di tornitura successivi, ognuno dei quali consente l'ottenimento di una metà del pezzo, considerato diviso in due parti ad un'ascissa corrispondente al massimo diametro del pezzo stesso.

Per lavorazioni interne il discorso è ancora valido, ma cambia ovviamente il senso di ordinamento dei diametri e, nel caso b, occorre considerare il pezzo diviso in due parti ad un'ascissa corrispondente al diametro minimo.

Il pezzo da lavorare viene riferito ad un sistema di assi cartesiani ortogonali in cui l'asse X è l'asse del pezzo, orientato dal mandrino alla contropunta del tornio, e l'asse Y giace nel piano parallelo all'asse dell'utensile e contenente l'asse X ed è orientato in modo da portarsi a coincidere con l'asse X stesso con una rotazione di 90 gradi in senso orario. L'origine degli assi è posta sulla faccia del pezzo finito prospiciente la contropunta della macchina utensile.

In tal modo tutti i punti del pezzo hanno ascisse negative ed il pezzo viene sempre lavorato procedendo da valori superiori a valori inferiori delle ascisse stesse.

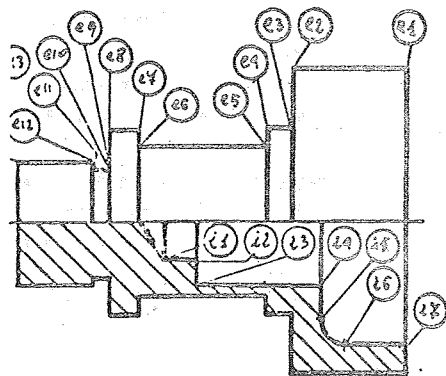
Nel caso che i diametri del pezzo non siano tutti

crescenti (caso b descritto sopra), il pezzo deve essere smontato dopo aver eseguito il ciclo di tornitura di una meta' del pezzo come sopra definito, e montato nuovamente per presentare all'utensile la parte non ancora lavorata.

Nel caso che su uno stesso pezzo siano presenti contemporaneamente lavorazioni per esterni e per interni, la sequenza dei cicli di tornitura va scelta accuratamente perche' sia necessario il minor numero possibile di smontaggi e montaggi successivi per ottenere il pezzo finito.

Per ogni ciclo di lavorazione viene richiesta una matrice di dati definente in maniera univoca il profilo del pezzo finito. La matrice da definire e' una matrice di n righe per 3 colonne, dove n e' determinato dal numero dei punti caratteristici del profilo in esame.

La prima colonna contiene le ascisse dei punti caratteristici del profilo, in ordine crescente; la seconda colonna contiene il valore dei diametri del pezzo alle ascisse corrispondenti; la terza colonna contiene zero se si va dal punto del profilo in esame al successivo con un segmento rettilineo, oppure contiene il valore del raggio se la traiettoria percorsa e' un segmento circolare.



CICLO ESTERNO			
e1	-50	40	0
e2	-35	40	0
e3	-35	24	0
e4	-32	24	0
e5	-32	16	0
e6	-16	16	0
e7	-16	24	0
e8	-12	24	0
e9	-12	16	0
e10	-12	14	0
e11	-10	14	0
e12	-10	16	0
e13	0	16	0

CICLO INTERNO			
i1	-31	11	0
i2	-27	11	0
i3	-27	16	0
i4	-11	16	0
i5	-11	16	3
i6	-8	32	0
i7	0	32	0

fig.18

In tale modo sono definibili profili di pezzi costituiti da sequenze di rette e cerchi percorsi in senso positivo (antiorario), considerando come punti caratterizzanti il profilo stesso le intersezioni di due enti geometrici consecutivi.

Ci si svincola così dai metodi tradizionali di quotatura del disegno meccanico, definendo il pezzo con una matrice di punti per ogni ciclo di lavorazione e contrassegnando sul disegno stesso i punti a cui si fa riferimento (fig. 18).

3.2 - Modalità d'uso

3.2.1 - Caricamento del sistema

Come già accennato nell'introduzione il sistema 'TORNIO' può essere utilizzato da qualunque utente che disponga di una macchina virtuale, ed è disponibile sia in ambiente CMS che in ambiente APL.

Le funzioni che realizzano il sistema sono state scritte in linguaggio APL e sono state raccolte nello spazio di lavoro 'TCRNICCN' nella libreria pubblica 5.

L'utente che vuole utilizzare il sistema dall'ambiente CMS deve scrivere al terminale il comando 'TORNIO'. Questo comando è il nome di una procedura EXEC la quale automaticamente attiva il sistema APL, carica lo spazio di lavoro 'TCRNICCN' ed infine fa partire la funzione 'PARTI', che è la più esterna del sistema.

Se si vuole utilizzare il sistema 'TORNIO' essendo già in ambiente APL, occorre caricare lo spazio di lavoro col comando ')LOAD 5 TCRNICCN' e quindi chiamare la funzione 'TORNIO'.

3.2.2 - Richiesta dei dati

Il comando 'TCRNIC' dato in ambiente CMS, oppure il comando 'LOAD 5 TCRNICCN', seguito dalla chiamata della funzione 'TCRNIC', dato in ambiente APL, mandano automaticamente in esecuzione la funzione di livello più elevato all'interno dello spazio di lavoro la quale regola

il flusso logico di tutto il sistema. Questa funzione comincia col chiedere all'utente tutte le informazioni che sono necessarie al computo del processo di tornitura.

La prima domanda che viene posta all'utilizzatore dello spazio di lavoro "TORNICCN" e' se egli gia' conosce le modalita' d'uso del programma.

In caso di risposta negativa, ogni richiesta di input e' accompagnata da una breve spiegazione di come l'input stesso va dato.

Nel caso che l'utilizzatore dichiari di conoscere le modalita' d'uso dello spazio di lavoro, i dati vengono richiesti senza spiegazioni ed anzi alcune richieste di input vengono compattate in una stessa linea.

Viene controllata la validita' di tutti i dati introdotti e nel caso in cui vengano riscontrati errori, viene stampato un messaggio e viene richiesta di nuovo l'informazione errata.

I dati sono richiesti dal programma in questa sequenza:

a) nome del file CMS, che alla fine della seduta conterra' i valori delle grandezze calcolate in un formato simile a quello standard dei files CLDATA.

b) tipo di lavorazione da effettuare (per esterni o per interni)

c) tipo di materiale di cui e' composto il pezzo da lavorare (secondo la tabella I)

d) tolleranza ammessa nell'interpolazione dei raccordi circolari

e) matrice definente il profilo del pezzo finito, secondo le convenzioni esposte nel paragrafo 3.1.

Qualora la lavorazione sia per esterni vengono successivamente richieste:

f) raggi di punta degli utensili adoperati nella lavorazione

g) larghezza dell'utensile per l'esecuzione delle eventuali cave

h) profondita' di passata di semifinitura

j) profondita' di passata di finitura

Qualora la lavorazione sia per interni, viene invece richiesto successivamente:

f) richiesta del ciclo di foratura del pezzo

Qualora si debba eseguire una foratura il programma comunica il diametro della punta a forare necessaria e le profondita' di passata di semifinitura e finitura che sono considerate per la lavorazione. E' possibile mutare le

profondita' di passata comunicate nel loro rapporto, tenendo comunque presente che la loro somma deve essere costante.

Se l'operazione di foratura non e' necessaria, il programma richiede:

- g) profondita' di passata di semifinitura
- h) profondita' di passata di finitura
- Viene poi in ogni caso richiesto:
 - k) richiesta del ciclo di sfacciatura del pezzo
 - l) richiesta del ciclo di sgrossatura del pezzo
 - m) profondita' di passata massima di sgrossatura, qualora la risposta precedente sia stata affermativa.
 - n) Per ogni ciclo di lavorazione eseguito vi e' una richiesta di plotting del percorso dell'utensile.

In caso di risposta affermativa, il percorso dell'utensile relativo al ciclo di lavorazione in esecuzione e' disegnato sul plotter in linea con il terminale. La scalatura del disegno e' automaticamente determinata in modo da avere sempre la massima grandezza possibile.

In tal modo si ottengono generalmente scale di rappresentazione diverse per i diversi cicli di lavorazione. Questo fatto puo' risultare poco conveniente nel caso di cicli di lavorazione diversi compiuti sullo stesso pezzo.

E' possibile ottenere il disegno del percorso utensile contemporaneamente per tutti i cicli di lavorazione, rispondendo affermativamente soltanto alla richiesta di plotting relativa all'ultimo ciclo da effettuarsi sul pezzo in esame, posta dal programma.

Occorre in tal caso avere l'avvertenza di cambiare il foglio su cui vengono disegnati i vari percorsi utensile onde evitare che i disegni stessi siano sovrapposti.

Al termine dell'esecuzione del programma viene comunicato al terminale il tempo di CPU consumato e viene richiesto un comando di uscita dal sistema.

Tale comando puo' essere:

°) OFF° nel caso che l'utente desideri chiudere definitivamente la seduta di lavoro,

°) OFF CMS° nel caso che l'utente desideri tornare in ambiente CMS.

Nel caso che l'utente desideri continuare la seduta in ambiente APL, non e' necessario dare alcun comando.

APPENDICE A

In quest'appendice e' mostrato un esempio dell'utilizzo del sistema 'TORNIO' per la determinazione dei cicli di lavorazione necessari all'ottenimento del pezzo di cui alla fig.18.

Vengono illustrati la seduta di lavoro al terminale, i disegni del percorso dell'utensile eseguiti dal plotter e, come esempio di output su stampante centrale, quello relativo all'operazione di finitura per il ciclo di lavorazione interna.

tornio

saved 11.55.51 01/10/74

Da questo momento sei in ambiente APL. Sostituisci l'elemento stampante.
Quando sei pronto dai un ritorno carrello.

N CONOSCI LE MODALITA' D'USO?(RISPONDI Y OPPURE N)

ASSEGNA IL NOME DEL FILE CMS DEI RISULTATI
PROVA1

AD OGNI DOMANDA RISPONDI Y (PER SI) OPPURE N (PER NO)

LA LAVORAZIONE E' PER ESFERMI?

Y

ASSEGNA IL TIPO DI MATERIALE USATO NELLA LAVORAZIONE.
DEVE ESSERE UN NUMERO COMPRESO TRA 1 E 6 PER ACCIAI CON
CARICO DI ROTTURAZIONE DA 40 A 160 KG/MM2 OPPURE UN NUMERO
UGUALE A 7 8 9 PER LEGHE DI ALLUMINIO DOLCI, DURE O AL
SILICIO.

Q:

3

ASSEGNA LA TOLLERANZA DI LAVORAZIONE AMMESSA IN MM.

Q:

0.02

ASSEGNA LA MATRICE (N*3) DEFINENTE IL PROFILO DEL PEZZO:
 LA PRIMA COLONNA E' IL VETTORE ASCISSE DEI PUNTI CARATTERISTICI
 DEL PROFILO, TUTTE NEGATIVE ED IN ORDINE CRESCENTE. LA SECONDA
 COLONNA E' IL VETTORE DIAMETRI ALLE ASCISSE CORRISPONDENTI.
 I DIAMETRI SONO IN ORDINE CRESCENTE PER LAVORAZIONI INTERNE ED IN
 ORDINE DECRESCENTE PER LAVORAZIONI ESTERNE, NON CONSIDERANDO LE
 EVENTUALI GOLE. LA TERZA COLONNA PRESENTA UNO ZERO SE DAL PUNTO
 IN ESAME SI VA AL SUCCESSIVO CON UN SEGMENTO RETTILINEO, IL VALORE
 DEL RAGGIO SE SI SEGUE UN SEGMENTO CIRCOLARE.
 AD OGNI RICHIESTA DI INPUT ([] :) SI ASSEGNANO TRE NUMERI.
 E' POSSIBILE CANCELLARE UNA RIGA STAMPANDO: C .
 PER TERMINARE L'INPUT DELLA MATRICE STAMPA: E N D .

[] :	- 50 40 0
[] :	- 35 40 0
[] :	- 35 24 0
[] :	- 32 24 0
[] :	- 32 20 0
[] :	- 16 20 0

□: -16 24 0
 □: -12 24 0
 □: -12 16 0
 □: -12 14 0
 □: -10 14 0
 □: -10 16 0
 □: 0 16 0
 □: 1 1 1

END
 ASSEGNA I RAGGI DI PUNTA DEGLI UTENSILI PER LE OPERAZIONI DI
 SGROSSATURA, SEMIFINITURA E FINITURA, ESECUZIONE DI GOLE IN MM.

MM MI 3096822002 10 41100000 020000 00 00000000

ASSEGNA LA LARGHEZZA DELL'UTENSILE PER L'ESECUZIONE DELLE GOLE AI CENTRI DEI RACCORDI DI PUNTA

:

10

ASSEGNA LA PROFONDITA' DI PASSATA DI SEMIFINITURA IN MM.

:

2

ASSEGNA LA PROFONDITA' DI PASSATA DI FINITURA IN MM.

:

0.5

IL DIAMETRO DEL GREZZO E' 45 MM. O.K.?

N

:

ASSEGNA IL DIAMETRO DEL GREZZO IN MM.

:

50

E' RICHIESTA LA SFACCIATURA?

Y

E' RICHIESTA LA SGROSSATURA?

Y

ASSEGNA LA PASSATA MASSIMA DI SGROSSATURA IN MM.

:

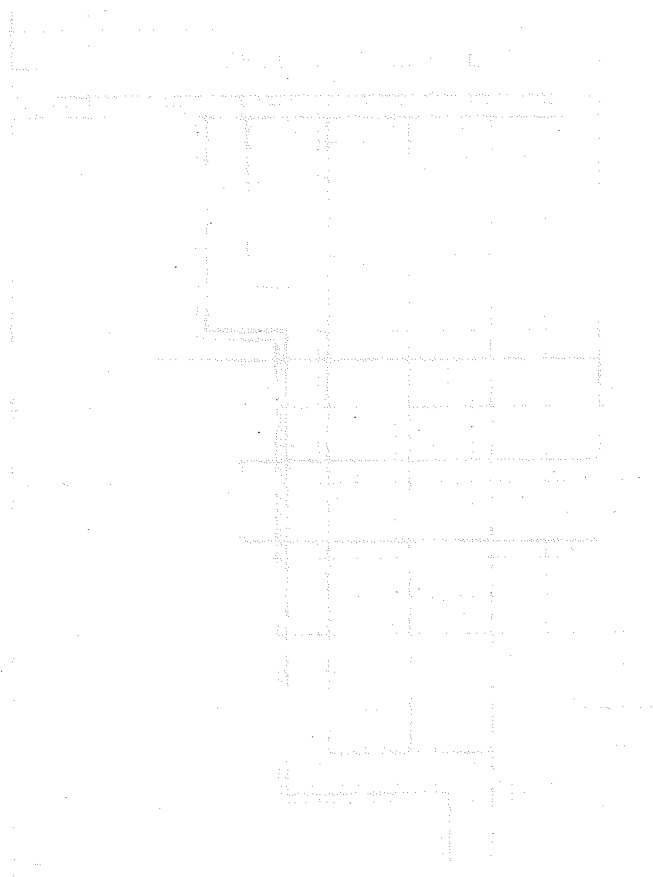
8

CI SONO ALTI CICLI DI LAVORAZIONE?

!!

TEMPO DI ESECUZIONE 68.85 SEC.
PER USCIRE DALL'AMBIENTE APL ESEGUI IL COMANDO)OFF CMS
)OFF CMS

R; T64.92/69.47 14.01.32



OPERAZIONE DI FINITURA

ASCISSA	DIAMETRI	FEED	SPEED	TOOL
MICRON	MICRON	MM/GIRC	MM/1°	
10000	2000	R	117	6
0	30000	R	117	6
-7553	30000	0.10	117	6
-8354	29926	0.10	117	6
-8804	29648	0.10	117	6
-9200	29183	0.10	117	6
-9533	28548	0.10	117	6
-9784	27778	0.10	117	6
-9940	26913	0.10	117	6
-10000	25885	0.10	117	6
-10000	14000	0.05	117	6
-26000	14000	0.05	117	6
-26000	9000	R	117	6
-31000	9000	R	117	6
10000	2000	R	117	6

APPENDICE B

)LOAD 5 TORNIOCN

SAVED 21;59;01 12/22/73

)FNS

```

ANALISI APLNAME ASSIGN A2 A4 A6 CICLOFISSO CMS
CMSNAME COMMON CONTR CONTROL1 CONTROL2
CONTROL3 CONVRS CP DFT FEEDSPEED
FINITURA FORATURA GOLE INPUT INTERPOLA
LININTER MODIDUSO M1 M2 M3 NOMI
OF PARTI PASSATE PLOT RISTR SCARICHI
SCRIVI SEMIFINITURA SFACCIATURA SGROSSATURA
TECNOLOGICA TECS TOGLI TORNIO TRASLA TRAVEL UP
WRITE T
    
```

)VARS

```

BL DTAB END ERRORI LTAB MOD1 MOD2 MOD3
MOD4 MOD5 MOD6 MOD7 MOD8 MSKTAB NTAB Q
V VET WTAB CR
    
```

Le funzioni ANALISI APLNAME CMS CMSNAME CONVRS OF SCRIVI e WRITE e le variabili globali DTAB ERRORI LTAB MSKTAB NTAB WTAB sono state copiate dallo spazio di lavoro IOFNS della libreria pubblica 1 e sono utilizzate per scrivere su un file CMS i risultati dell'elaborazione.

Descrizione delle funzioni

FUNZIONI

DESCRIZIONE

ASSIGN
A2, A4, A6
MODIDUSO, M1, M2, M3
CONTROL 1, CCNTR CL2
CONTROL 3, INPUT

Funzioni che richiedono al programmatore tutti i dati necessari alla definizione del ciclo di lavorazione in esame.

CICLOFISSO

Calcola i parametri relativi all'esecuzione delle gole in un'unica passata.

CONTR

Spezza la matrice dei dati in sottomatrici per la definizione degli

scarichi di lavorazione, delle gole e del profilo continuo del pezzo.

DFT Funzione copiata dallo spazio di lavoro PLOTFORMAT della libreria 1, per la normalizzazione dei risultati ad uno stesso formato. Richiede come argomento di sinistra le specifiche del formato e come argomento di destra la matrice dei dati.

FEEDSPEED Funzione che calcola i valori delle velocità di taglio e degli avanzamenti per le singole passate di lavorazione.

FINITURA Funzione per la definizione dell'operazione omonima.

FORATURA Funzione per la definizione dell'operazione omonima.

GOLE Funzione per il calcolo dei parametri relativi all'esecuzione di gole o cave.

INTERPOLA Funzione per l'interpolazione dei segmenti curvilinei che definiscono il profilo, secondo una tolleranza data.

LININTER Funzione che calcola le ascisse in cui le rette definite dalle successive passate di sgrossatura intersecano il profilo traslato del pezzo.

NOMI Funzione per la definizione della testata dei files CMS in fase di stampa.

PASSATE Funzione che calcola la profondità delle passate di sgrossatura. Richiede come argomento sinistro la matrice che definisce il profilo di sgrossatura stesso, in termini di ascissa e ordinata.

PLOT Funzione che comanda al plotter il disegno del percorso utensile del ciclo completo di lavorazione definito.

RISTR Funzione che analizza la matrice definente il profilo del pezzo finito quando siano stati rimossi i punti definenti gole o scarichi di lavorazione la ristrutturazione di

SCARICHI	conseguenza. Funzione per la determinazione delle grandezze caratterizzanti il ciclo di esecuzione degli scarichi di lavorazione.
SEMIFINITURA	Funzione per la determinazione del ciclo dell'operazione omonima.
SGROSSATURA	Funzione per la determinazione delle grandezze caratterizzanti il ciclo di sgrossatura del pezzo. Richiede come argomento sinistro la matrice definita da CONTR.
STAMPA	Funzione che prepara le sequenze dei risultati per la formazione dei files CMS.
TECNOLOGICA	Funzione che assegna tutti i parametri tecnologici assunti da programma.
TECS	Funzione che calcola i parametri del taglio nelle operazioni di sgrossatura delle gole.
TOGLI	Funzione che definisce correttamente il profilo traslato del pezzo per la fase di sgrossatura, rimuovendo i sottosquadri.
TORNIO	Funzione che determina il processo completo di tornitura del pezzo in esame concatenando le varie funzioni presenti nello spazio di lavoro secondo la sequenza designata.
TRAVEL	Funzione per la determinazione del percorso utensile in fase di sgrossatura.
T	Funzione per il calcolo della parte di profilo interessata da una passata di sgrossatura.

RIFERIMENTI

[1] AUTCPOL, Numerical control processor for lathes, Version 3, I.B.M.U.K.L., giugno 1970

[2] EXAPT2, Part programmer reference manual, Deutscher Normenausschuss, agosto 1969

[3] System 360/ADAPT/AUTOSPOT, Part programming manual, I.B.M.N/C360, H20-0375-1

[4] S.Trumpy, Sulla standardizzazione dei comandi di moto per i linguaggi tipo APT, La Meccanica Italiana, luglio-agosto 1972

[5] CN7T, Unita' di governo per il controllo continuo dei torni, Olivetti DCN, Bollettino di informazione tecnica

[6] M.Bartorelli, Dispense del corso di Macchine speciali, Pisa 1972

[7] APL/360, User's manual, I.B.M., GH2Q-0683-1

[8] APL-CMS, Program description/Operations manual, I.B.M., SH20-1088

[9] Hewlett-Packard, 7201 A, Graphic plotter/operator's manual, 07201-90000

[10] M.Rossi, Macchine utensili moderne, Milano 1965