

Indice

Capitolo 1 – Verso la macchina utensile del futuro	1
1.1 Basi per il nuovo paradigma	6
1.2 Approccio per il settore delle macchine utensili	7
1.3 Complessità e nuovo “meta-paradigma”	8
1.4 Stato dell’arte e proposta di meta-paradigma	10
1.5 Un esempio di applicazione	14
1.6 Conclusioni	17
Bibliografia	18
Capitolo 2 – Caratteristiche e dati del settore	21
2.1 Breve storia della macchina utensile.	21
2.2 La nascita del settore in Italia	22
2.2.1 L’evoluzione del settore dal dopoguerra a oggi	23
2.2.2 Riassumendo	25
2.3 I dati del settore.	27
2.3.1 L’industria mondiale della macchina utensile.	27
2.3.2 I robot industriali	29
2.3.3 L’industria italiana della macchina utensile e dei sistemi per produrre	33
2.3.4 Il parco macchine italiano	37
Bibliografia	39
Capitolo 3 – Aspetti gestionali correlati allo sviluppo del settore.	41
3.1 New Business Models.	41
3.1.1 Generalità.	41
3.1.2 Business model per il settore della MU.	45
3.1.3 La descrizione formale dei modelli di business.	47
3.1.4 Nuovi modelli di business per il settore della macchina utensile e dei beni strumentali	53

3.1.4.1	Segmenti di mercato	54
3.1.4.2	Il nuovo tipo di offerta o la nuova “Value proposition”	55
3.1.4.3	Canali di comunicazione	57
3.1.4.4	Relazioni con la clientela	58
3.1.4.5	Flussi di ricavo	59
3.1.4.6	Risorse chiave	60
3.1.4.7	Attività chiave	60
3.1.4.8	Collaborazioni esterne	61
3.1.4.9	Struttura dei costi	61
3.2	Lean Manufacturing	61
3.2.1	Concetti introduttivi	61
3.2.2	Metodi, tecniche e strumenti della produzione snella	64
3.2.2.1	<i>Value stream mapping</i>	65
3.2.2.2	Eliminazione degli sprechi	67
3.2.2.3	Produzione tirata e continuità del flusso di produzione	68
3.2.2.4	Produrre la qualità	75
3.2.2.5	Lean Manufacturing e Total Productive Maintenance	76
3.2.3	La macchina utensile “lean”	79
3.3	Contrattualistica	80
3.3.1	Premessa	80
3.3.1.1	Vendita tramite distributore	80
3.3.1.2	Vendita tramite agente	80
3.3.1.3	Vendita diretta	80
3.3.1.4	Vendita tramite consorzio	81
3.3.2	Le specifiche contrattuali	81
3.3.2.1	Lingua del contratto e leggi regolatrici	83
3.3.2.2	Caratteristiche tecniche del prodotto, gestione di disegni, documenti, software e informazioni tecniche	83
3.3.2.3	Norme di riferimento	84
3.3.2.4	Prezzi	84
3.3.2.5	Condizioni di pagamento	85
3.3.2.6	Trasferimento della proprietà	86
3.3.2.7	Termine di consegna	87
3.3.2.8	Prove di collaudo presso il fornitore	88
3.3.2.9	Messa in funzione presso il cliente	89
3.3.2.10	Garanzia	89
3.3.2.11	Assistenza post-garanzia	90
3.3.2.12	Giurisdizione e controversie	91
3.4	La tutela brevettuale in Italia	92
3.4.1	Storia della proprietà industriale	92
3.4.2	I vari tipi di tutela brevettuale	92
3.4.2.1	Il marchio	92
3.4.2.2	Disegni e modelli	93

3.4.2.3 Il modello di utilità	93
3.4.2.4 Il brevetto per invenzione	93
3.4.3 I diritti dell'inventore	93
3.4.4 Il mercato	94
3.4.5 Le azioni giudiziarie	94
3.4.5.1 La procedura di descrizione	94
3.4.5.2 Il sequestro	95
3.4.6 La causa per contraffazione e le sezioni specializzate	95
3.4.6.1 Lo svolgimento della causa	95
3.4.6.2 La sentenza e il risarcimento del danno	96
Bibliografia	96
Capitolo 4 – Progettazione e gestione del servizio di manutenzione	99
4.1 Le politiche di manutenzione	101
4.1.1 La manutenzione correttiva o a guasto	103
4.1.2 La manutenzione preventiva	103
4.1.3 La manutenzione migliorativa	105
4.2 Strategia di scelta della politica di manutenzione	105
4.3 La progettazione per l'affidabilità e per la manutenibilità	108
4.3.1 Strumenti di progettazione integrata con la manutenzione	109
4.4 Le scelte tecnologiche	113
4.4.1 Tele-manutenzione	113
4.4.2 Diagnostica	116
4.4.2.1 Tecniche statistiche	117
4.4.2.2 Tecniche di intelligenza artificiale	118
4.4.2.3 Tecniche model-based	119
4.5 I processi gestionali e organizzativi	122
4.6 Conclusioni	134
Bibliografia	135
Capitolo 5 – Sicurezza delle macchine	137
5.1 Le direttive europee e le norme armonizzate	137
5.1.1 Le direttive europee	137
5.1.2 Le macchine e la sicurezza nei luoghi di lavoro	139
5.1.3 Le norme armonizzate	141
5.2 La Direttiva Macchine	142
5.2.1 Il fascicolo tecnico della costruzione	143
5.2.2 I requisiti di sicurezza	145
5.2.3 La valutazione del rischio	146
5.2.4 Il principio di integrazione della sicurezza nella progettazione	148
5.3 I dispositivi e i sistemi di comando e controllo	150
5.3.1 I dispositivi di comando	150
5.3.2 I sistemi di comando e controllo che svolgono funzioni di sicurezza	151
5.3.3 La resistenza ai guasti e le norme armonizzate	154

5.4	I rischi dovuti agli elementi mobili e alla proiezione di materiale	166
5.4.1	La prevenzione dei rischi dovuti agli elementi mobili	166
5.4.2	Le protezioni	167
5.4.3	Protezioni fisse, mobili e regolabili	169
5.4.4	I dispositivi di sicurezza	170
5.4.5	Il posizionamento dei dispositivi di sicurezza	170
5.4.6	I rischi dovuti alla proiezione di materiale	172
5.5	Emissioni (rumore, polveri, fumi, gas)	173
5.5.1	Il rumore	173
5.5.1.1	Le misure di rumore	182
5.5.1.2	Le procedure per prove di rumore	184
5.5.1.3	La riduzione del rumore	185
5.5.1.4	Abbattimento del rumore mediante riduzione della sua propagazione	186
5.5.1.5	Gli interventi a basso costo	187
5.5.1.6	Pianificazione di un intervento di bonifica	188
5.5.1.7	Analisi acustica e abbattimento del rumore	189
5.5.2	Polveri, fumi, gas	193
5.5.2.1	La misurazione delle emissioni	197
5.5.2.2	Fattori che influenzano il rendimento di captazione	200
5.5.2.3	Apprestamenti di sicurezza	200
5.5.2.4	Incendio ed esplosione	202
5.5.2.5	Protezione delle vie respiratorie	205
5.5.2.6	Uso dei DPI	206
5.6	Documentazione a corredo	207
5.6.1	Elementi fondamentali della documentazione	207
5.6.2	Conformità alle norme	207
5.6.3	Volume documentale	208
5.6.4	Presentazione della documentazione attualmente utilizzata	208
5.6.5	Documentazioni di corredo da commercio	210
5.6.6	Tipologia della documentazione	210
5.6.7	Tipologia della “documentazione per macchina semplice”	210
5.6.8	Tipologia della “documentazione per sistema di lavoro”	211
5.6.8.1	Qualità della documentazione	212
5.6.8.2	Manuale di installazione e specifiche di utilizzo	212
5.6.8.3	Manuale di impiego	212
5.6.8.4	Manuale di manutenzione preventiva	213
5.6.8.5	Manuale di manutenzione straordinaria	214
5.6.8.6	Manuale di diagnostica	215
5.6.9	Altre forme di documentazione	216
5.6.10	Lingua della documentazione	216
5.6.11	Archiviazione	217
5.7	Conclusione	218
	Bibliografia	218

Capitolo 6 – Collaudo della macchina utensile	219
6.1 Premessa	219
6.2 Il controllo	220
6.3 Il collaudo	221
6.4 Documenti di riferimento delle operazioni di controllo e collaudo	223
6.4.1 Il disegno esecutivo del particolare	223
6.4.2 Specifiche tecniche di costruzione e di controllo	225
6.4.3 Procedure operative di controllo	226
6.4.4 Disegni di insieme	230
6.4.5 Schemi generali dell'impiantistica	231
6.4.6 Il piano di prodotto	232
6.4.7 Procedure operative di collaudo	234
6.4.8 Norme di collaudo	234
Documento STANIMUC 1. Deformazioni termiche di un asse lineare: risultati di un caso pratico	239
Documento STANIMUC 2. Nuovi strumenti per analizzare le interpolazioni (griglia ottica e ball bar)	252
6.5 Specifiche tecniche e procedure operative	262
6.5.1 Metodo di controllo della rettilineità nel piano orizzontale di una guida	263
6.5.1.1 Strumentazione da utilizzare	263
6.5.1.2 Operazioni da effettuare	264
6.5.2 Metodo di controllo della rettilineità nel piano verticale di una guida piana	267
6.5.2.1 Strumentazione da utilizzare	267
6.5.2.2 Operazioni da effettuare	267
6.5.3 Metodo di controllo del parallelismo dei piani di una guida o di guide parallele	271
6.5.3.1 Strumentazione da utilizzare	271
6.5.3.2 Operazioni da effettuare	271
6.5.4 Procedura operativa di controllo di un bancale	273
6.5.4.1 Scopo	273
6.5.4.2 Controlli	273
6.5.4.3 Registrazioni	275
6.5.4.4 Allegati	275
6.6 Gli strumenti per il collaudo	281
6.6.1 Premessa	281
6.6.2 Strumenti per le operazioni di controllo/collaudo delle macchine utensili	281
6.6.3 Esempi di strumenti per metrologia dimensionale	283
6.6.3.1 Comparatori elettronici	283
6.6.3.2 Livelle elettroniche	286
6.6.3.3 Strumenti per rilievo di microgeometrie e rilievi di forma	286

6.6.3.4 Macchine di misura a coordinate	292
6.6.3.5 Apparecchiature laser interferometriche	299
6.6.4 Conclusioni	302
6.7 Le cause di errore più comuni nei processi metrologici industriali	302
6.8 L'analisi dei risultati e le azioni successive	306
6.9 La preparazione del personale addetto al controllo e collaudo	308
6.10 Conclusioni	309
Bibliografia	310

Capitolo 7 – Il sistema di gestione per la qualità nelle aziende produttrici di macchine utensili

di macchine utensili	311
7.1 I principi del modello organizzativo	313
Principio 1 - Orientamento al cliente	314
Principio 2 – Leadership	314
Principio 3 - Coinvolgimento delle persone	315
Principio 4 - Approccio per processi	316
Principio 5 - Approccio sistemico alla gestione aziendale	317
Principio 6 - Miglioramento continuo	317
Principio 7 - Approccio pragmatico alla presa di decisioni	318
Principio 8 - Relazione mutuamente vantaggiosa con i fornitori	319
7.2 Il modello organizzativo della ISO 9001:2008.	319
7.2.1 Il modello organizzativo della ISO 9001:2008 è basato sull'approccio per processi.	319
7.2.1.1 Responsabilità della Direzione	321
7.2.1.2 Gestione delle risorse	323
7.2.1.3 Realizzazione del prodotto/servizio	325
7.2.1.4 Misurazioni, analisi e miglioramento	327
7.2.1.5 Sistema di gestione per la qualità	329
7.3 Cambiamento continuo e successo sostenibile.	330
Bibliografia	334
Norme	334
Sitografia	334
Riferimenti alla ISO 9001:2000 ancora validi per la ISO 9001:2008	335

Capitolo 8 – CAx, xDM, PLM: posizionamento delle architetture IT

8.1 Dalla computer grafica al CAD 3D al PLM	337
8.1.1 Indagine sulla diffusione e l'utilizzo di strumenti PLM (CAD-CAE-PDM).	338
8.2 I pilastri del ciclo sviluppo prodotto: CAD 3D, CAE, PDM/PLM	342
8.2.1 CAD 3D	342
8.2.2 Modellatori solidi 3D: la fine dello scontro tra esplicito e parametrico	342
8.2.3 Integrazione CAD-CAE, l'aspetto multifisico	344

8.2.4	Obiettivo: meccatronica	344
8.2.5	PDM/PLM: il sistema nervoso del sistema informativo tecnico	345
8.2.6	Benefici PLM & capacità di competere: sintesi e suggerimenti	346
8.3	Uno sguardo al futuro	348
8.3.1	Avrà ancora senso parlare di progettazione CAD-CAE così come la si conosce oggi?	348
8.3.2	PDM/PLM: il sistema informativo tecnico nell'era del cloud computing	350
8.3.3	Wiky, la collaborazione on line avanza	351
8.3.4	PLM: soluzioni Open source o Brand	353
8.3.5	Nuove piattaforme di interazione	354
Capitolo 9 – Formazione		357
9.1	Il lavoro dai primi del '900	357
9.2	Lo sviluppo dell'industrializzazione	358
9.3	La formazione per le nuove sfide competitive	359
9.4	Il capitale umano	359
9.5	La formazione multimediale	360
9.6	Esempi di figure professionali: conoscenze necessarie	361
9.6.1	Disegnatore-progettista di MU	361
9.6.2	Operatore alle macchine utensili	361
Capitolo 10 – Innovazione nella macchina utensile		363
10.1	Compensazione della deflessione utensile	364
10.1.1	Misura e stima delle forze di taglio	365
10.1.2	Strategie di compensazione	367
10.1.3	Applicazione della compensazione	371
10.2	Il problema delle vibrazioni nelle lavorazioni per asportazione di truciolo: tecniche di riduzione	373
10.2.1	Tecniche di soppressione del chatter	377
10.2.2	Spindle Speed Variation	381
10.2.3	Applicazione in tornitura	382
10.2.4	Applicazione in fresatura	384
10.3	Applicazioni criogeniche nel settore dell'asportazione di truciolo	386
10.3.1	Lavorazione criogenica	386
10.3.2	Trattamento criogenico degli inserti	389
10.4	Impiego di materiali innovativi nella progettazione di macchine utensili	391
10.4.1	Ghise innovative	392
10.4.2	Materiali compositi rinforzati con fibre	393
10.4.2.1	Struttura della macchina utensile in composito	394
10.4.2.2	Mandrino della macchina utensile in composito	399
10.4.3	Strutture smorzanti composite basate sul Constrained Layer Damping	402
10.4.4	Schiume di alluminio	403

10.4.4.1	Caratteristiche del materiale	404
10.4.4.2	Proprietà meccaniche	406
10.4.4.3	Riempimento in schiuma di alluminio di strutture in acciaio	410
10.4.4.4	Analisi della struttura di una macchina utensile progettata per l'impiego di schiume in alluminio	414
10.4.4.5	Pannelli sandwich acciaio-alluminio-acciaio	417
10.5	La movimentazione delle parti	420
10.5.1	Aspetti generali	420
10.5.2	L'automazione flessibile: requisiti innovativi	423
10.5.2.1	La manipolazione delle parti	425
10.5.2.2	Sistemi di trasferimento	429
10.5.2.3	Unità di ingresso/uscita e magazzini intermedi	438
10.5.2.4	Attrezzi di piazzamento e bloccaggio delle parti	442
10.5.3	Tecnologie robotiche	444
	Bibliografia	448
	Capitolo 11 – Metodologie di progettazione e simulazione	453
11.1	Contesto di riferimento della progettazione	453
11.2	Processo di sviluppo prodotto e processo	457
11.2.1	Processo di progettazione	459
11.3	Oggetti fisici, modelli e rappresentazioni	461
11.4	Fondamenti di modellazione geometrica	465
11.4.1	La modellazione geometrica	466
11.4.2	Modelli grafici 2D – Sistemi di drafting 2D	469
11.4.3	Modelli grafici 3D – Sistemi Wire Frame	472
11.5	Modellazione di solidi	473
11.5.1	Modellazione Boundary Representation (B-Rep)	476
11.5.2	Modellazione di solidi con primitive 3D (CSG)	478
11.6	Modellazione di curve e superfici	482
11.6.1	Curve parametriche	482
11.6.2	Curve di Bézier	485
11.6.3	Curve B-spline	489
11.6.4	Curve NURBS	491
11.6.5	Superfici	492
	Capitolo 12 – Valutazione della capacità (capability) di processo	495
12.1	Descrizione della variabilità e limiti di tolleranza naturali	495
12.2	Impiego dell'analisi di capacità di processo	497
12.2.1	Analisi della capacità di processo tramite istogrammi	497
12.2.2	L'indice di funzionalità di processo Cp	499
12.2.2.1	L'indice di funzionalità Cpk	500
12.2.2.2	Gli indici di processo per limiti unilaterali	502
12.2.2.3	Considerazioni sugli indici di processo Cp e Cpk	502

12.2.2.4	Definizione degli intervalli di confidenza nel calcolo di C_p . . .	504
12.2.2.5	Verifica delle ipotesi rispetto ai valori imposti di C_p e C_{pk} . . .	505
12.2.3	Analisi della capacità di processo tramite le carte di controllo	506
12.2.4	Calcolo della banda di tolleranza impiegata	510
12.3	Il calcolo della produttività	510
12.3.1	Le sei cause fondamentali di perdita di produzione	511
12.3.2	Tecniche SMED	516
12.4	La valutazione dei costi e dell'investimento	517
12.5	Calcolo dell'affidabilità e della disponibilità	526
12.5.1	Introduzione al problema	526
12.5.2	Calcolo della disponibilità	527
12.5.3	Calcolo dell'affidabilità	528
12.5.4	Considerazioni riassuntive	532
Bibliografia	533
Capitolo 13 – Fondazioni	535
13.1	Macchine a struttura autoportante	535
13.1.1	Elementi di fissaggio e supporto	536
13.1.2	L'installazione su supporti elastici	540
13.1.3	La verifica della soletta a pavimento	543
13.2	Macchine a struttura non autoportante	548
13.2.1	Generalità	548
13.2.2	Forze agenti sulla fondazione	549
13.2.3	Elementi di fissaggio rigidi	552
13.2.4	Lo spessore della fondazione	555
13.3	Cedimenti della fondazione	561
13.3.1	Introduzione	561
13.3.2	L'influenza delle deformazioni della fondazione sugli errori di lavorazione	562
13.3.3	L'influenza del comportamento della fondazione sulle lavorazioni: un esempio	564
13.4	Il collaudo delle fondazioni	568
13.4.1	Esempio di procedura di collaudo di fondazione per macchine utensili di grandi dimensioni	569
Bibliografia	571
Capitolo 14 – Strutture	573
14.1	Materiali e morfologie	573
14.1.1	Il calcestruzzo idraulico	575
14.1.2	Il calcestruzzo polimerico	577
14.2	Materiali strutturali leggeri	582
14.2.1	Lo stato dell'arte	583
14.2.2	Materiali e alleggerimento	584

14.3	Rigidità statica, dinamica, instabilità dinamica (chatter)	587
14.3.1	Alcuni fondamenti del comportamento dinamico	590
14.3.1.1	Criteri di tipo energetico	592
14.3.1.2	Tecniche della teoria dei sistemi	593
14.3.2	Teorie di base del chatter	597
14.3.2.1	La teoria di Tobias	597
14.3.2.2	La teoria di Tlusty-Polacek	601
14.3.3	Prove di eccitazione artificiale e di lavorazione	626
14.3.3.1	Analisi comparativa tra prove artificiali e prove di lavorazione	626
14.3.3.2	Tipi di eccitatori	627
14.3.4	Conclusioni	634
14.4	Deformazioni strutturali da variazioni di temperatura e compensazione	634
14.4.1	Variazioni di temperatura: cause ed effetti	635
14.4.2	Sorgenti esterne di calore	638
14.4.3	Sorgenti interne di calore	640
14.4.3.1	Il modulo mandrino	640
14.4.3.2	Moduli per i moti di alimentazione	644
14.4.3.3	Il processo di taglio	646
14.4.4	Linee generali per migliorare il comportamento termico della struttura	647
14.4.4.1	Interventi strutturali per la riduzione dell'errore termico	648
14.4.5	La riduzione dell'errore termico via software	652
14.4.5.1	La compensazione con funzioni sperimentali	655
14.4.5.2	La compensazione con rete neurale	658
14.4.5.3	La compensazione neurale e la cinematica diretta e/o inversa	662
14.4.5.4	La compensazione su segnali incerti e pesati con regole logiche esplicite (fuzzy)	667
14.5	Sistemi di correzione e compensazione degli errori geometrici	676
14.5.1	Cause degli errori geometrici	676
14.5.2	Correzione degli errori geometrici	679
14.5.3	Compensazione degli errori geometrici	680
14.5.4	Esempi di correzione degli errori geometrici	683
14.5.5	Esempi di compensazione degli errori geometrici	686
	Bibliografia	688
	Capitolo 15 – Componentistica	691
15.1	Mandrineria	691
15.1.1	Generalità	691
15.1.2	Tipologie di mandrini	692
15.1.2.1	Tipologie di motorizzazione del mandrino	692
15.1.2.2	Sistemi di supporto	695
15.1.3	Criteri di dimensionamento e calcolo dei mandrini	702
15.1.3.1	Rigidità e smorzamento dei cuscinetti volventi	702

15.1.3.2 Dimensionamento statico	708
15.1.3.3 Ottimizzazione della distanza dei supporti	712
15.1.3.4 Calcolo della durata dei cuscinetti	717
15.1.3.5 Velocità di riferimento dei cuscinetti per mandrini	719
15.1.3.6 Comportamento dinamico dei mandrini	720
15.1.4 Sistemi di lubrificazione	737
15.1.4.1 Lubrificazione a grasso	738
15.1.4.2 Lubrificazione minimale a olio	738
15.1.4.3 Lubrificazione con elevate quantità d'olio	739
15.1.4.4 L'influenza del film lubrificante e della pulizia sulla durata ottenibile	739
15.1.4.5 Calcolo del momento d'attrito	742
15.1.4.6 Temperatura di funzionamento	743
15.1.5 Sistemi di tenuta	744
15.1.6 Soluzioni costruttive	746
15.2 Guide	750
15.2.1 Generalità e classificazione delle guide	750
15.2.2 Guide idrodinamiche	755
15.2.2.1 La morfologia delle guide a strisciamento	755
15.2.2.2 Il materiale delle guide	759
15.2.2.3 Dimensionamento e disegno delle guide	760
15.2.3 Guide idrostatiche	762
15.2.3.1 Premessa	762
15.2.3.2 La lubrificazione idrostatica	762
15.2.3.3 Il calcolo	763
15.2.3.4 L'attrito viscoso	772
15.2.3.5 Materiali delle superfici di guida	773
15.2.3.6 Lo smorzamento dei pattini idrostatici	774
15.2.3.7 Esempio di calcolo	775
15.2.3.8 Applicazioni particolari della lubrificazione idrostatica	781
15.2.4 Guide a ricircolazione di corpi volventi	791
15.2.4.1 Descrizione	792
15.2.4.2 Morfologia	793
15.2.4.3 Precisione	795
15.2.4.4 Precarico	795
15.2.4.5 Attrito	796
15.2.4.6 Montaggio	797
15.2.4.7 Manutenzione	799
15.2.4.8 Calcolo	799
15.2.4.9 Opzioni e novità	800
15.3 Azionamenti	803
15.3.1 Introduzione	803
15.3.1.1 Architettura degli azionamenti elettronici a velocità variabile	803
15.3.1.2 Prestazioni richieste	805

15.3.2 Azionamenti con motori in corrente continua	807
15.3.3 Azionamenti con motori in corrente alternata	812
15.3.3.1 Motori in corrente alternata utilizzati negli azionamenti.	813
15.3.3.2 Macchina a induzione e macchina sincrona in regime dinamico	820
15.3.4 La sezione elettronica di potenza degli azionamenti con motori in corrente alternata	825
15.3.4.1 Generalità.	825
15.3.4.2 Il convertitore da tensione c.a. in tensione c.c. e circuito intermedio	826
15.3.4.3 L'invertitore trifase	827
15.3.4.4 Il recupero dell'energia	832
15.3.5 Azionamenti a controllo vettoriale con motore sincrono	833
15.3.6 Azionamenti a controllo vettoriale con motore asincrono.	839
15.3.7 Azionamenti per assi e mandrini	841
Bibliografia	843
Capitolo 16 – Sistemi di controllo e di governo della macchina utensile	845
16.1 La macchina utensile a controllo numerico	845
16.1.1 L'architettura di base del controllo numerico	845
16.1.2 L'interfaccia con la fabbrica e il mondo esterno	849
16.1.2.1 La comunicazione industriale	849
16.1.2.2 Il controllo numerico come mezzo per inserire la macchina utensile nel sistema di produzione globale	850
16.1.2.3 Norme attuali sul flusso di informazioni tra sistema informativo e funzioni di macchina.	852
16.1.3 Hardware e software dei moderni CNC.	860
16.1.4 Assi e mandrini controllati.	864
16.1.5 Requisiti meccanici della macchina utensile a controllo numerico.	865
16.1.6 La sicurezza	870
16.1.7 Manutenzione a distanza	871
16.2 Evoluzione dei controlli numerici.	872
16.2.1 Introduzione	872
16.2.2 Il microprocessore e il microcontrollore	873
16.2.3 Applicazioni dei microprocessori nei CNC attuali	876
16.2.4 L'interfaccia con la macchina utensile	877
16.2.4.1 Il controllore programmabile.	877
16.2.4.2 Semplificazione dei collegamenti con i dispositivi di macchina	878
16.2.4.3 Alta velocità e precisione dagli assi controllati	883
16.3 La programmazione dei controlli numerici e la gestione dei dati	889
16.3.1 La macchina utensile a CN vista come interfaccia tra le funzioni di macchina e il sistema di gestione dell'azienda	889

16.3.2 La programmazione dei CNC e relativi linguaggi.	892
16.3.3 La nuova norma di programmazione in via di sviluppo per i CNC	893
Bibliografia	905
Capitolo 17 – Utensili e lubrorefrigeranti	907
17.1 Classificazione degli utensili	907
17.1.2 Classificazione degli utensili da taglio	909
17.1.3 Utensili monotaglianti	910
17.1.3.1 Angoli caratteristici degli utensili monotaglianti	911
17.1.3.2 Il raggio di punta	913
17.1.3.3 Onatura e fase del tagliente	914
17.1.3.4 Il rompitruciolo	915
17.1.4 Varie tipologie di utensili monotaglianti e multitaglienti e relativi confronti operativi	916
17.1.4.1 Utensili per tornitura, sfacciatura, troncatura, filettatura.	917
17.1.4.2 Utensili per alesatura e barenatura.	917
17.1.4.3 Utensili per fresatura	918
17.1.4.4 Utensili per foratura, allargatura, svasatura e maschiatura	921
17.1.4.5 Utensili per piallatura, limatura e stozzatura	923
17.1.4.6 Utensili per brocciatura	924
17.1.4.7 Utensili per dentatura	925
17.1.5 Coni portautensili	926
17.1.5.1 Generalità.	926
17.1.5.2 Principali attacchi macchina per utensili rotanti	928
17.1.5.3 Principali tipi di portautensili	930
17.2 La gestione degli utensili	938
17.2.1 Sistemi di cambio utensile e magazzini utensili	938
17.2.1.1 Utilizzazione dei meccanismi a camma per il cambio utensili .	940
17.2.1.2 Tipologie di sistemi per cambio e magazzino utensili a camma per macchine utensili di produzione	940
17.2.2 Sistemi di gestione utensili	947
17.2.2.1 Generalità.	947
17.2.2.2 Esempi di soluzioni avanzate di sistemi di gestione utensili. .	949
17.2.3 Apparecchi per la misura e la registrazione degli utensili	959
17.2.3.1 Generalità.	959
17.2.3.2 Esempi di apparecchiature di misurazione e registrazione degli utensili	960
17.3 Fluidi lubrorefrigeranti	970
17.3.1 Tipi di lubrorefrigeranti	971
17.3.1.1 Oli interi	971
17.3.1.2 Fluidi miscibili in acqua	974
17.3.2 La conservazione prima dell'uso	980
17.3.3 La manutenzione in esercizio	980

Indice

17.3.4 L'igiene	981
17.3.4.1 Il rischio chimico	981
17.3.4.2 Il rischio biologico	982
17.3.4.3 Il rischio infortunistico	983
17.3.4.4 Misure di sicurezza e di igiene	983
Bibliografia	983