Tolleranze geometriche – Basi



Test di lettura

Modulo tematico sulle tecniche di disegno

EDIZIONI SWISSMEM

SWISSMEM
Formazione professionale

Colophon

Editore:	Edizioni Swissmem
Designazione:	Modulo tematico Tecniche di disegno «Tolleranze geometriche – Basi»
Versione:	Nuova edizione 2023
	Copyright© Edizioni Swissmem, Zurigo e Winterthur
ISBN:	978-3-03866-479-6
Responsabile di progetto:	Joachim Pérez, Swissmem Formazione professionale, CH-8400 Winterthur
Autore:	Willi Tschudi, CH-8355 Aadorf
Layout e disegni:	Daniel Baur, Swissmem Formazione professionale, CH-8400 Winterthur
Consulenza tecnica:	Prof. Dr.-Ing. Volker Läpple, Steinbeis-Beratungszentrum Konstruktion, Werkstoffe und Normung, D-73614 Schorndorf www.toleranzen-beratung.de
Stampa:	Stampato in Svizzera
Fonte:	Prof. Dr.-Ing Volker Läpple, Steinbeis-Beratungszentrum Konstruktion, Werkstoffe und Normung, D-73614 Schorndorf www.toleranzen-beratung.de Associazione svizzera di Normalizzazione SNV, DIN e.V.
Feedback-tool:	Proposte di miglioramento, correzioni od osservazioni: https://www.swissmem-berufsbildung.ch/feedback-tool
Ordinazioni:	Swissmem Formazione professionale Brühlbergstrasse 4 CH-8400 Winterthur Telefono +41 52 260 55 55 Fax +41 52 260 55 59 vertrieb.berufsbildung@swissmem.ch www.swissmem-berufsbildung.ch

Diritto d'autore Tutti i diritti riservati. La presente opera e le sue parti sono tutelate dal diritto d'autore. Ogni utilizzo diverso da quello previsto dalla legge è pertanto soggetto al previo consenso scritto da parte dell'editore.

Test di lettura

Indice

1. Introduzione **3**
1.1 Necessità delle tolleranze geometriche 4
1.2 Principio dell'elemento geometrico e principio di indipendenza 5
1.3 Documentazione tecnica del prodotto univoca e ambigua 7
1.4 Necessità di specificare tolleranze di forma, di orientamento, di posizione e di oscillazione radiale 9
1.5 Cause degli scostamenti geometrici 10
1.6 Strategie di tolleranza 11
1.7 Esempio di una documentazione tecnica di prodotto basata sulle norme ISO-GPS 12
2. Caratteristiche geometriche **13**
2.1 Panoramica dei simboli per le caratteristiche geometriche secondo la ISO 1101 14
3. Termini **17**
3.1 Modelli di superficie 18
3.2 Elementi geometrici integrali e derivati 19
3.3 Termini relativi agli elementi geometrici 20
3.4 Dimensioni lineari e dimensioni diverse dalle dimensioni lineari 21
3.5 Dimensioni teoricamente esatte (TED) 22
4. Riferimenti **27**
4.1 Panoramica dei tipi di riferimento 28
4.2 Ruolo dei riferimenti 28
4.3 Definizione corretta dei riferimenti 28
4.4 Basi per la creazione di un riferimento sull'esempio di un singolo riferimento 30
4.5 Riferimenti singoli, riferimenti comuni e sistemi di riferimento 31
4.6 Riferimenti inutilizzabili 45
4.7 Indicatore dell'elemento di riferimento (simbolo di riferimento) 47
4.8 Indicazione di elementi di riferimento 48
4.9 Indicazione di riferimenti nell'indicatore di tolleranza 51
4.10 Disegni semplificati 52
4.11 Elementi di posizionamento 56
4.12 Riferimenti 58
5. Indicazione di una specifica geometrica **63**
5.1 Parti integranti di un'indicazione di specifica geometrica 64
5.2 Indicatore di tolleranza 65
5.3 Indicatori per piani ed elementi geometrici 67
5.4 Indicazioni adiacenti 67
5.5 Contrassegno di elementi geometrici tollerati 68
5.6 Area limitata di un elemento geometrico tollerato 70
6. Indicatori per elementi piani e geometrici **71**
6.1 Necessità di specificare indicatori per piani ed elementi geometrici 72
6.2 Indicatore del piano di intersezione 72
6.3 Indicatore del piano di orientamento 78
6.4 Elementi di direzione 82
6.5 Piani di raccolta 88
7. Modificatori per la zona di tolleranza, elemento geometrico e caratteristica **91**
7.1 Modificatori per la combinazione di zone di tolleranza 92
7.2 Modificatori per elementi geometrici tollerati 98
7.3 Confronto dell'effetto dei modificatori «SZ, CZ e UF» 102
7.4 Modificatori per elementi geometrici tollerati associati 105
7.5 Modificatori per elementi geometrici tollerati derivati 109
8. Informazioni supplementari **113**
8.1 Indicazioni di un'area limitata di un elemento geometrico tollerato 114

Testo di lettura

Indice / Spiegazione dei pittogrammi

9. Specifiche geometriche **119**
9.1 La necessità di specifiche geometriche 120
9.2 Specifica geometrica anziché «tolleranze più-meno» ambigue per gli elementi di dimensioni diverse dalle dimensioni di accoppiamento lineari 120
9.3 Panoramica delle caratteristiche geometriche secondo la ISO 1101 123
9.4 Elementi di posizionamento e gradi di libertà 124
9.5 Tolleranze di forma o specifiche di forma 126
9.6 Tolleranze di orientamento o specifica di orientamento 128
9.7 Tolleranze di posizione 130
9.8 Zone di tolleranza 132
9.9 Descrizione delle caratteristiche geometriche 133

Spiegazione dei pittogrammi:



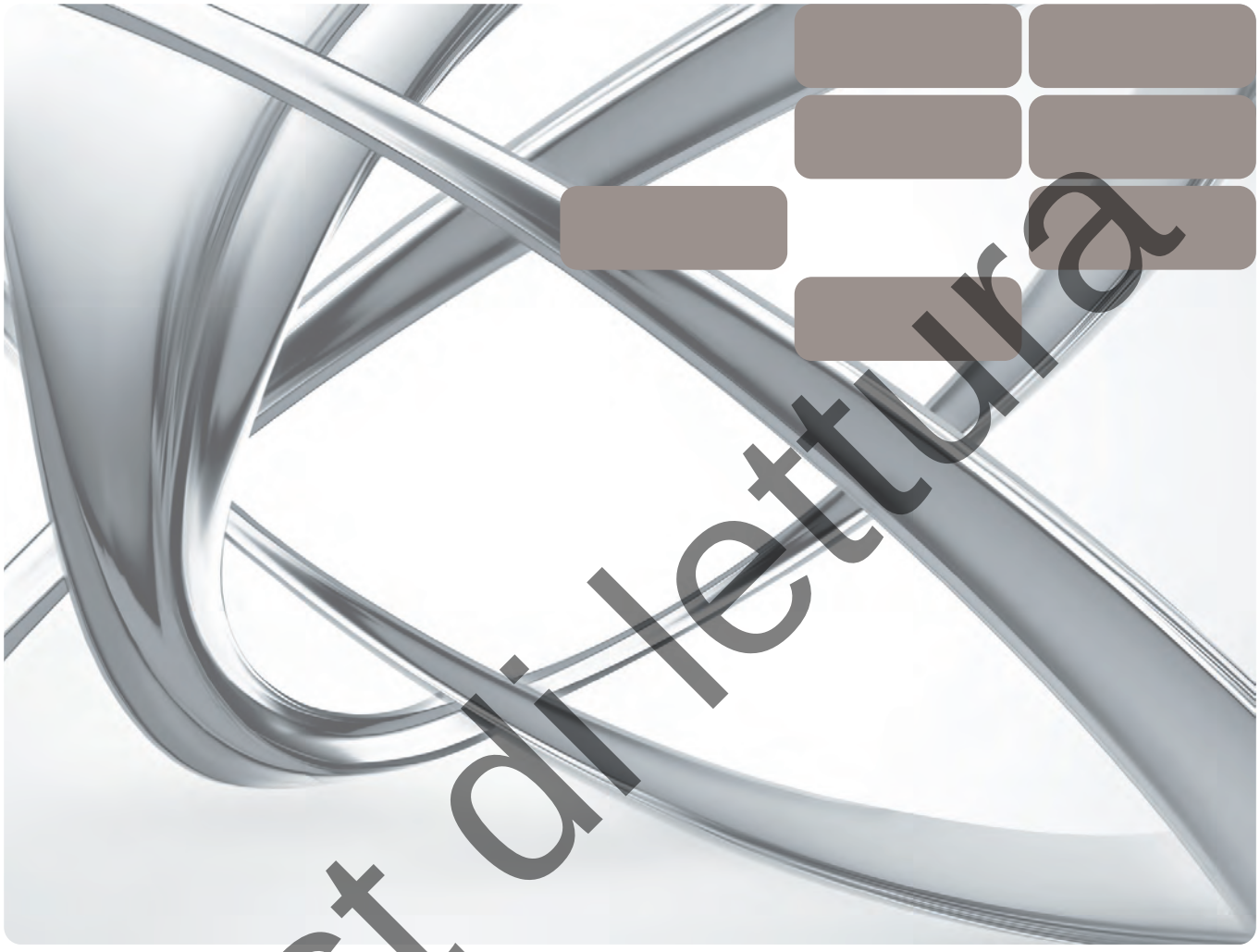
Informazioni importanti



Informazione

Test di lettura

1. Introduzione



Test di lettura

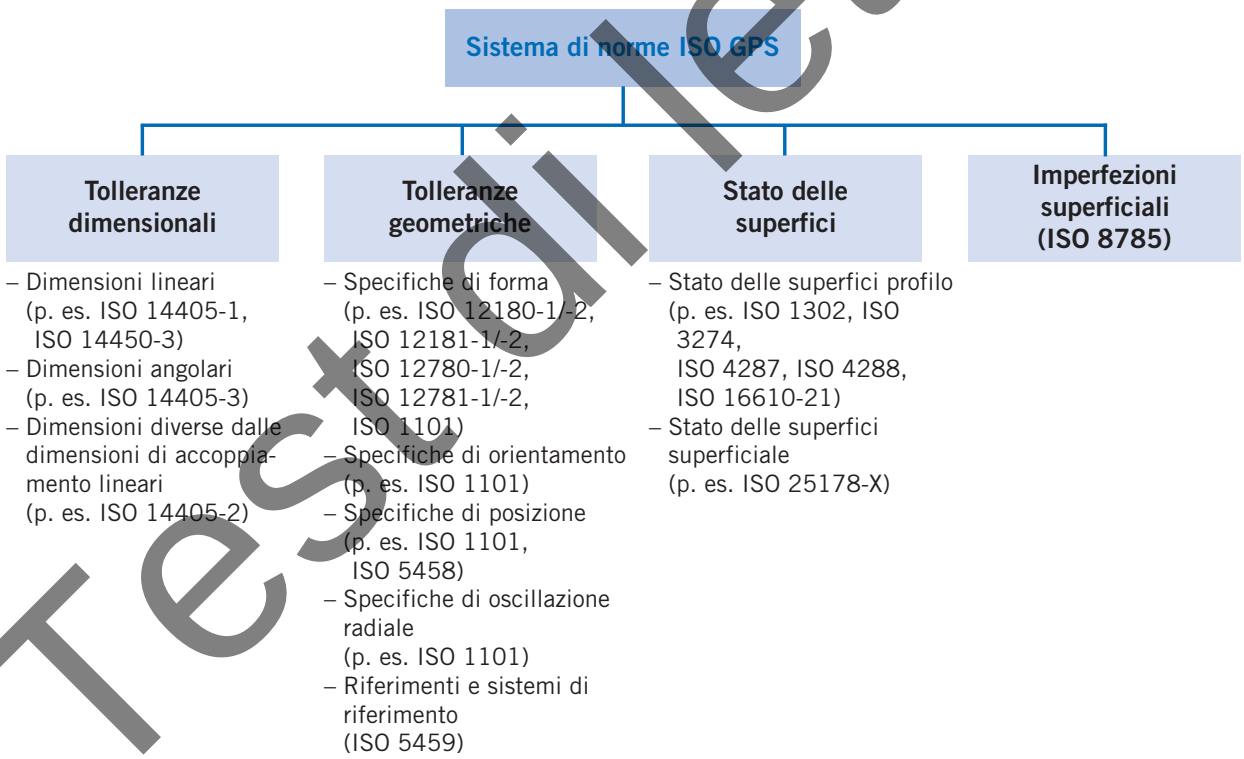
1. Introduzione

1.1 Necessità delle tolleranze geometriche

Le crescenti esigenze poste alla qualità e affidabilità dei prodotti tecnici, nonché i crescenti requisiti posti ai processi di produzione, hanno portato, fin dall'inizio degli anni 60, alla consapevolezza che non è possibile limitare la geometria di un componente e di conseguenza garantire la sua funzione e l'intercambiabilità con il solo aiuto delle tolleranze dimensionali. Oggi, la documentazione tecnica del prodotto deve descrivere un componente in modo univoco e completo e non deve lasciare spazio ad interpretazioni per la produzione e la garanzia della qualità, il cliente o il fornitore. Questo è possibile solo con l'aiuto delle **tolleranze geometriche** (a volte chiamate anche «tolleranze di forma e posizione»).

Senza le tolleranze geometriche, non è possibile descrivere un prodotto in modo completo né univoco. La Documentazione tecnica del prodotto (DTP) pertinente è in gran parte inutile senza tolleranze geometriche e non può essere utilizzata come base per la produzione e la garanzia della qualità basate sulla divisione del lavoro.

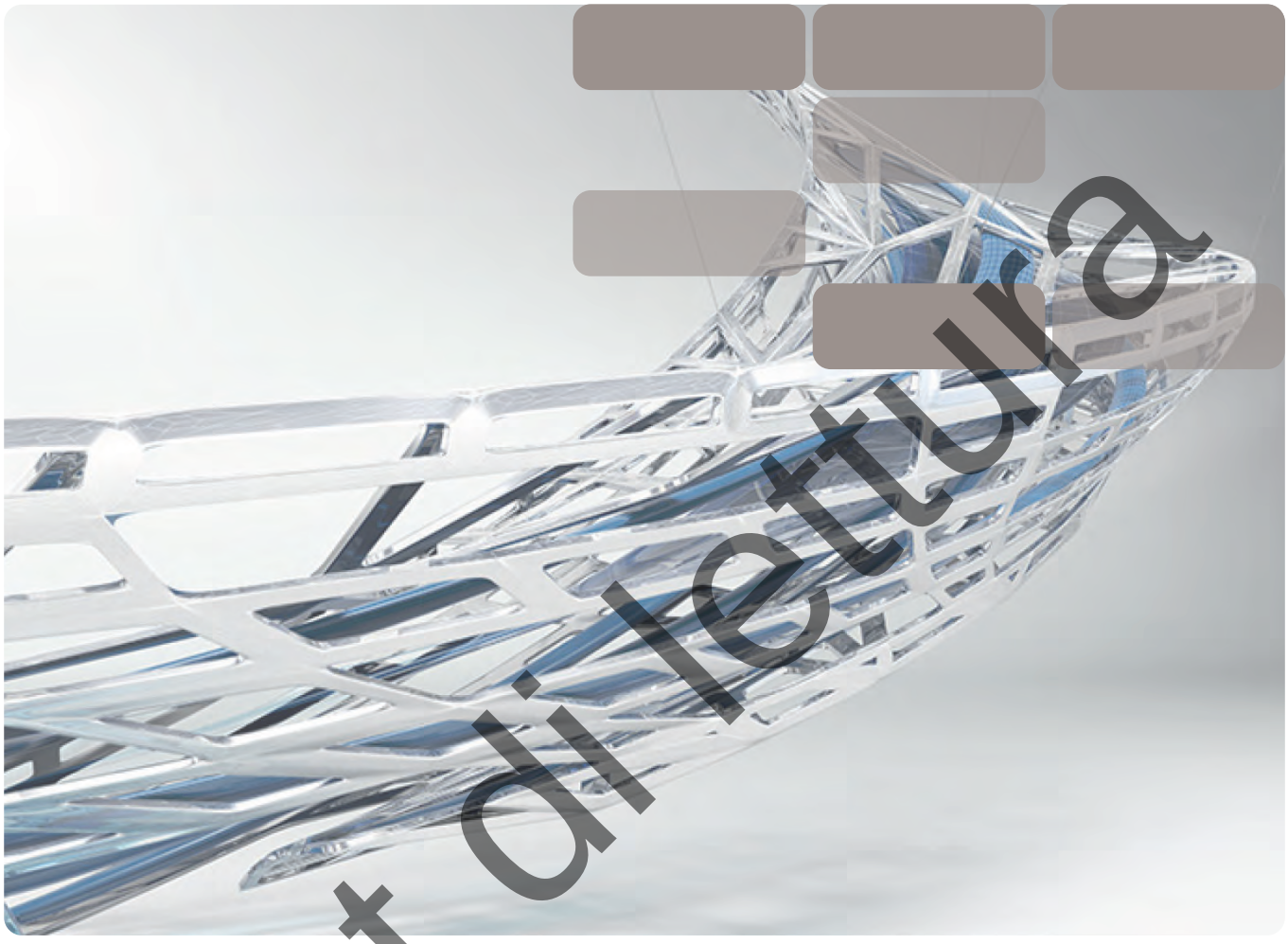
Le regole tecniche internazionali e gli «strumenti» per la specifica e verifica delle tolleranze geometriche vengono principalmente descritti nelle norme della **serie ISO-GPS**, in particolare nella ISO 1101, ISO 1660, ISO 2692, ISO 5458, ISO 5459, ecc. che fanno parte di questo sistema di norme.



I capitoli seguenti descrivono il significato e la corretta applicazione delle più importanti regole ISO-GPS e degli elementi della specifica ISO-GPS della tolleranza geometrica (simboli normalizzati, simboli di modificatori di specifica e simboli GPS).

Testo di lettura

2. Caratteristiche geometriche

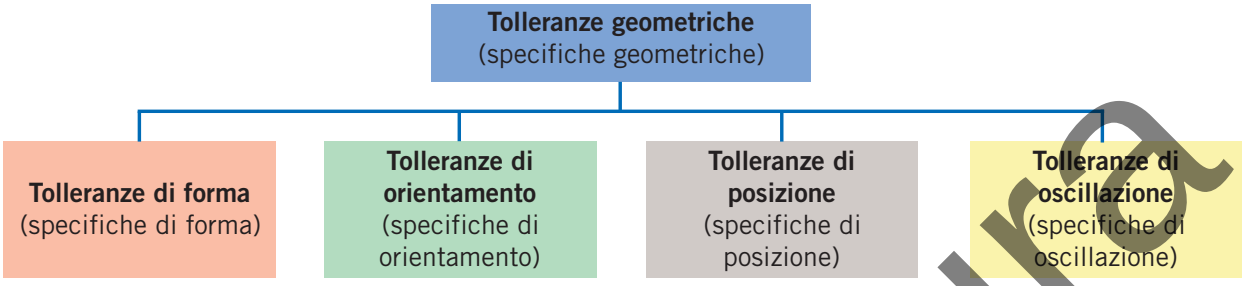


Test di lettura

2. Caratteristiche geometriche

2.1 Panoramica dei simboli per le caratteristiche geometriche secondo la ISO 1101

Attualmente la ISO 1101 distingue 14 caratteristiche geometriche differenti che possono essere attribuite a quattro gruppi: specifiche di forma, orientamento, posizione e oscillazione. Le tolleranze corrispondenti sono chiamate **tolleranze di forma, di orientamento, di posizione** e **di oscillazione**.



Panoramica delle caratteristiche geometriche secondo la ISO 1101

Specifica	Caratteristica geometrica	Simbolo	Riferimento necessario	Dimensione esplicita TED [1) 2)] necessaria	Capitolo [9)]	Pagina [9)]
Forma	Rettilineità	⏤	no	no	9.9.1	133
	Planarità	⏥	no	no	9.9.2	135
	Circolarità	○	no	no	9.9.3	137
	Cilindricità	⌭	no	no	9.9.4	140
	Profilo di una linea	⌒	no	sì [4)]	9.9.5	141
	Profilo di una superficie	⌓	no	sì [4)]	9.9.6	142
Orientamento	Parallelismo	//	sì	no	9.9.7	147
	Perpendicolarità	⊥	sì	no	9.9.8	154
	Inclinazione	∠	sì	sì [4)]	9.9.9	158
	Profilo di una linea	⌒	sì	sì [4) 5)]	9.9.5	141
	Profilo di una superficie	⌓	sì	sì [4) 5)]	9.9.6	142
Posizione	Localizzazione	⌖	sì	sì [6)]	9.9.10	161
			no [3)]		9.9.10.2	167
	Concentricità (per il centro)	◎	sì	no	9.9.11	174
	Coassialità (per la linea mediana)	◎	sì	no	9.9.11	175
	Simmetria	⌯	sì	no	9.9.12	178
	Profilo di una linea	⌒	sì	sì [5) 6)]	9.9.5	180
	Profilo di una superficie	⌓	sì	sì [5) 6)]	9.9.6	181
Oscillazione	Oscillazione radiale [7)]	↗	sì	no	9.9.13	182
	Oscillazione radiale tot. [8)]	⌰	sì	no	9.9.14	187

1) TED = Dimensione teoricamente esatta (theoretically exact dimension)
2) Le quote TED non devono obbligatoriamente essere visualizzate sulla Documentazione tecnica del prodotto. Possono anche essere contenute nella serie di dati CAD o ivi specificate.
3) Solo ammissibile con modificatore CZ, CZR o SIM.
4) Per la descrizione della geometria nominale
5) Per definire l'orientamento dell'elemento geometrico nominale tollerato o della zona di tolleranza.
6) Per definire la posizione (e pertanto anche l'orientamento o la zona di tolleranza) dell'elemento geometrico nominale tollerato o della zona di tolleranza.
7) Assiale, radiale, in una direzione specifica o in una direzione qualsiasi
8) Assiale, radiale
9) I numeri dei capitoli e delle pagine si riferiscono al presente modulo tematico.

Test di lettura

3. Termini



Test di lettura

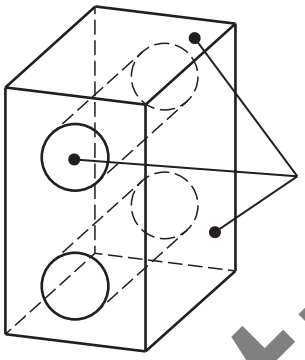
3. Termini

3.1 Modelli di superficie

Per la definizione degli operatori per la specifica così come per la verifica, secondo le norme ISO 22432 e ISO 17450-1 si distinguono diversi modelli di superficie.

3.1.1 Modello nominale

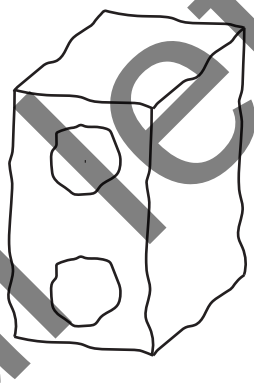
Il modello nominale ha una forma ideale e rappresenta l'idea progettuale. È specificato nella documentazione tecnica del prodotto (p. es. serie di dati CAD o «disegno su carta»). Gli elementi geometrici che compongono il modello nominale sono chiamati **elementi geometrici nominali**.



Elementi geometrici nominali

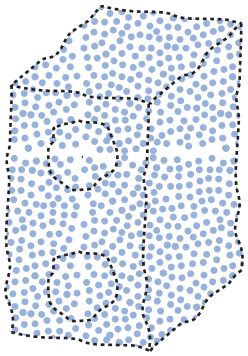
3.1.2 Modello di superficie non ideale («skin model»)

Il modello di superficie non ideale o «skin model» simula gli scostamenti attesi rispetto al modello nominale (p. es. a causa degli influssi dovuti alla fabbricazione). Si tratta del modello dell'interfaccia fisica del pezzo finito rispetto al suo ambiente.



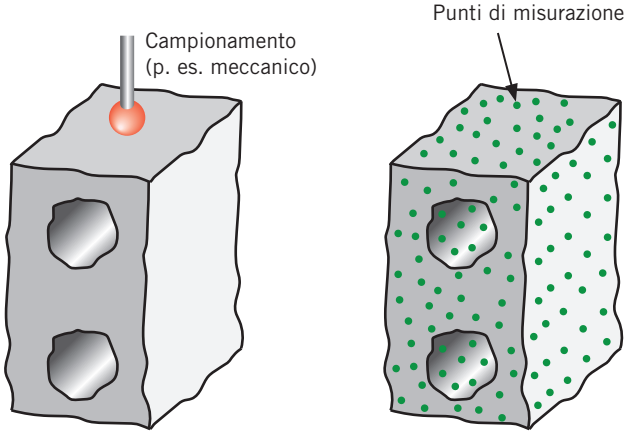
3.1.3 Modello di superficie discreto

Il modello di superficie discreto non è ideale e si ottiene tramite l'estrazione di un numero finito di punti di misurazione tratti dal modello di superficie non ideale («skin model»).



3.1.4 Modello di superficie campionato

Un modello di superficie campionato (non ideale) si ottiene per estrazione dal pezzo reale tramite la rilevazione meccanica o fisica di un numero finito di punti di misura. Nella metrologia (delle coordinate) serve per definire l'operatore di verifica.

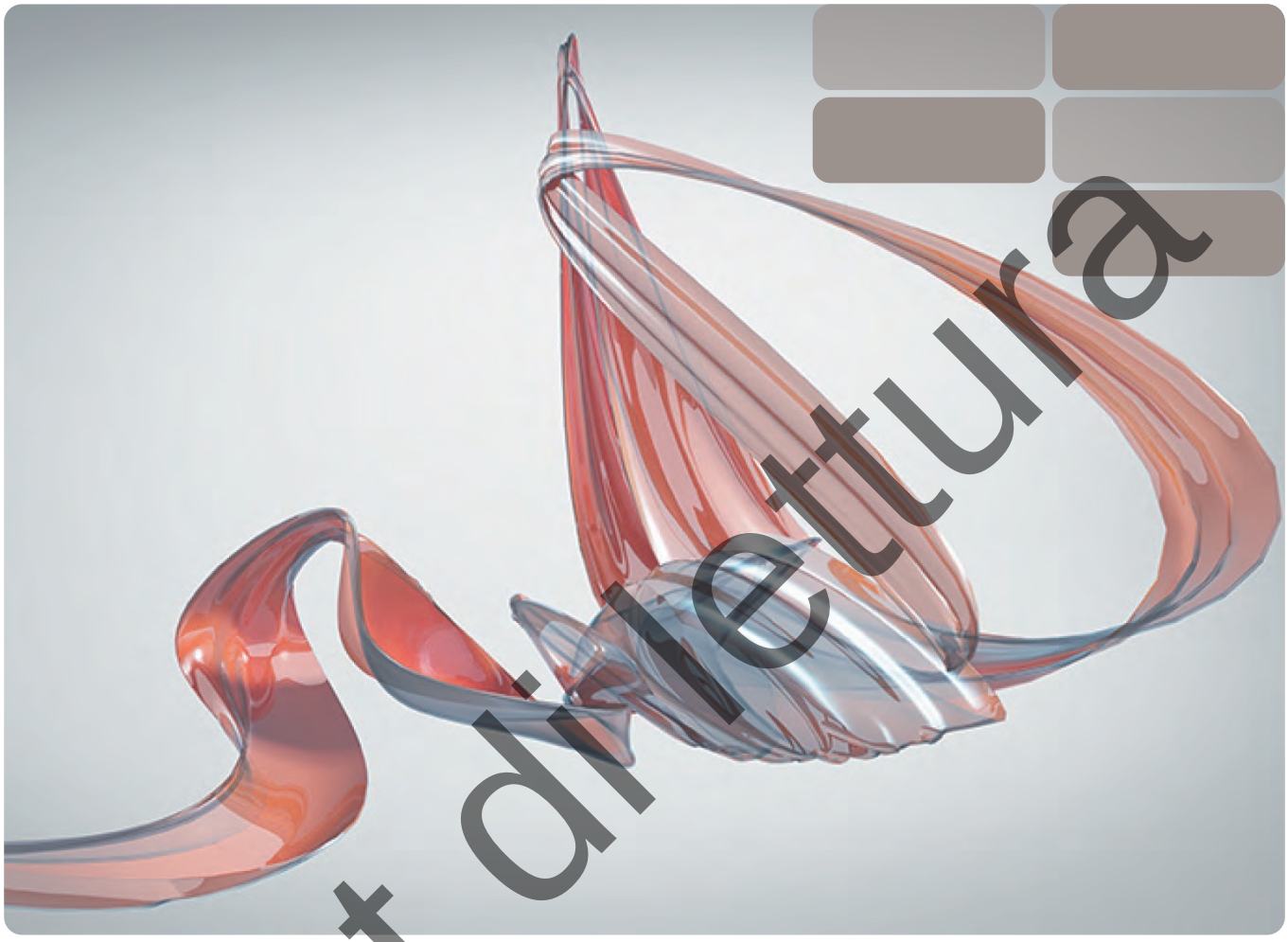


Pezzo reale

Modello di superficie campionato

Test di lettura

4. Riferimenti



Test di lettura

4. Riferimenti

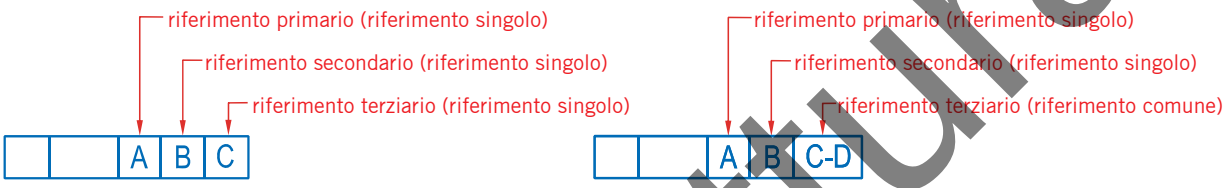
4.5.3 Sistema di riferimento

Un sistema di riferimento consiste di due o tre riferimenti. Ciascuno di questi può essere un riferimento singolo o comune.

4.5.3.1 Specifica di un sistema di riferimento

Il **riferimento primario** (nel seguente esempio: A) viene inserito nel terzo campo dell'indicatore di tolleranza, il riferimento secondario (nell'esempio: B) nel quarto campo e, se disponibile, il riferimento terziario (nell'esempio: C o C-D) nel quinto campo dell'indicatore di tolleranza.

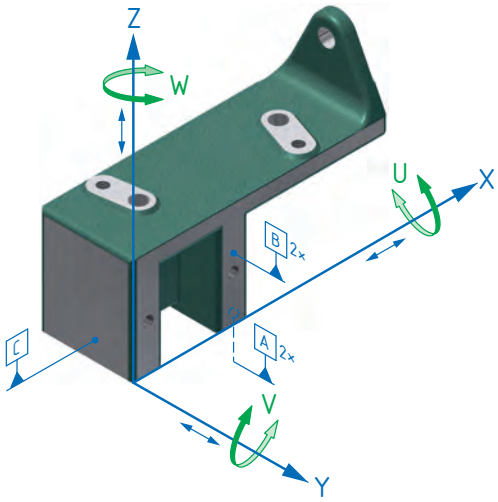
Esempi:



In uno spazio, ogni solido ha sei gradi di libertà. Questo solido può spostarsi in tre direzioni di coordinate reciprocamente perpendicolari (tre gradi di libertà traslazionali) e ruotare intorno a tre assi corrispondenti (tre gradi di libertà rotazionali). Un sistema di riferimento è completo quando tutti e sei i gradi di libertà del pezzo vengono bloccati dal sistema di riferimento. In questo caso, la posizione del pezzo nello spazio è univocamente definita.

Esempio:

Se il pezzo viene appoggiato sul riferimento primario (A), tre gradi di libertà rimangono illimitati (due gradi di libertà traslazionali e uno rotazionale). Qualora il pezzo in seguito venga orientato al riferimento secondario (B), rimane solo più un grado di libertà traslazionale illimitato. Questo ultimo grado di libertà viene bloccato dal riferimento terziario (C).



4.5.3.2 Regole per la definizione di elementi geometrici associati di un sistema di riferimento

Quando si crea un sistema di riferimento, secondo la versione attuale della norma ISO 5459 (2011) si applicano le seguenti regole:

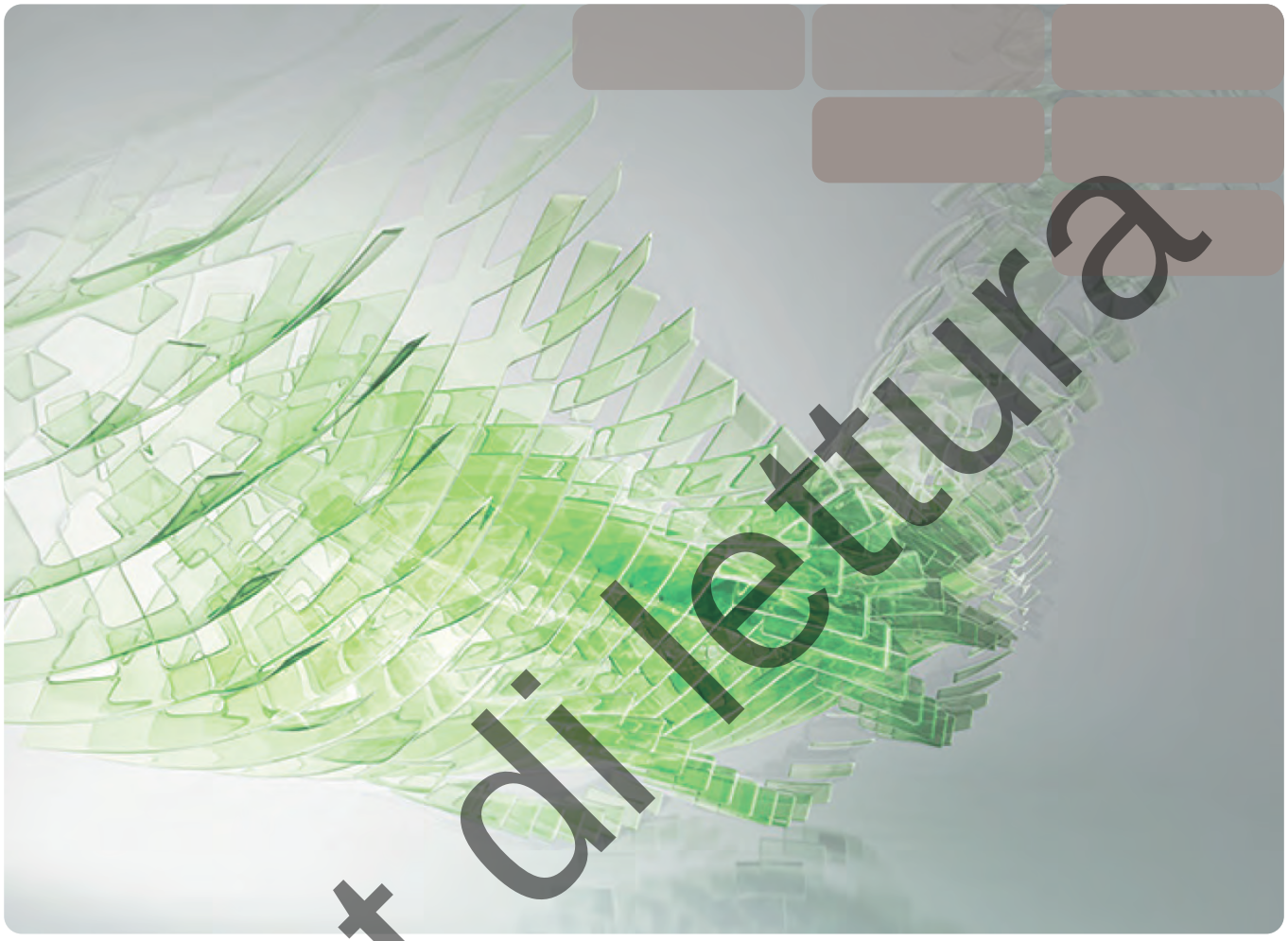
– le superfici teoricamente esatte vengono adeguate **consecutivamente** ai relativi elementi di riferimento (non ideali);
– l'adeguamento delle superfici teoricamente esatte di un sistema di riferimento corrisponde all'adeguamento standard per i riferimenti singoli;
– tra gli elementi di posizionamento delle superfici associate devono essere rispettate solamente **i vincoli dell'orientamento**.

Un riferimento secondario può essere definito solo se è in grado di limitare ulteriori gradi di libertà (non ridondanti) dell'elemento geometrico nominale tollerato o della zona di tolleranza rispetto a quelli già limitati dal riferimento primario.

Un riferimento terziario può essere definito solo se è in grado di limitare ulteriori gradi di libertà (non ridondanti) dell'elemento geometrico nominale tollerato o della zona di tolleranza rispetto a quelli già limitati dal riferimento primario e secondario.

Test di lettura

5. Indicazione di una specifica geometrica



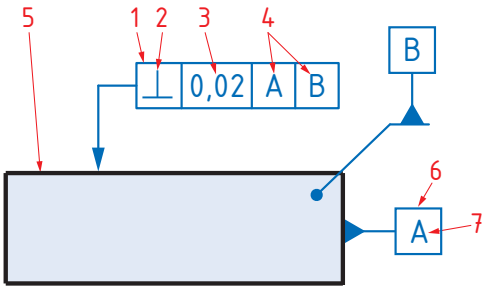
Test di lettura

5. Indicazione di una specifica geometrica

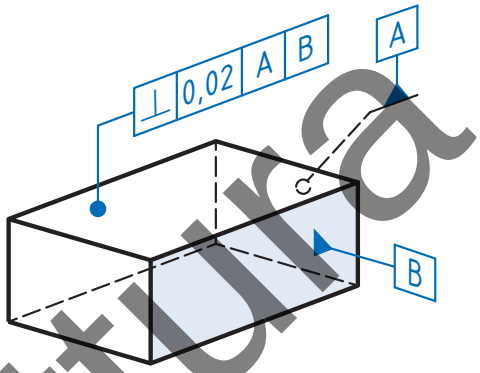
5.2 Indicatore di tolleranza

5.2.1 Struttura di un indicatore di tolleranza

Specifica 2D:



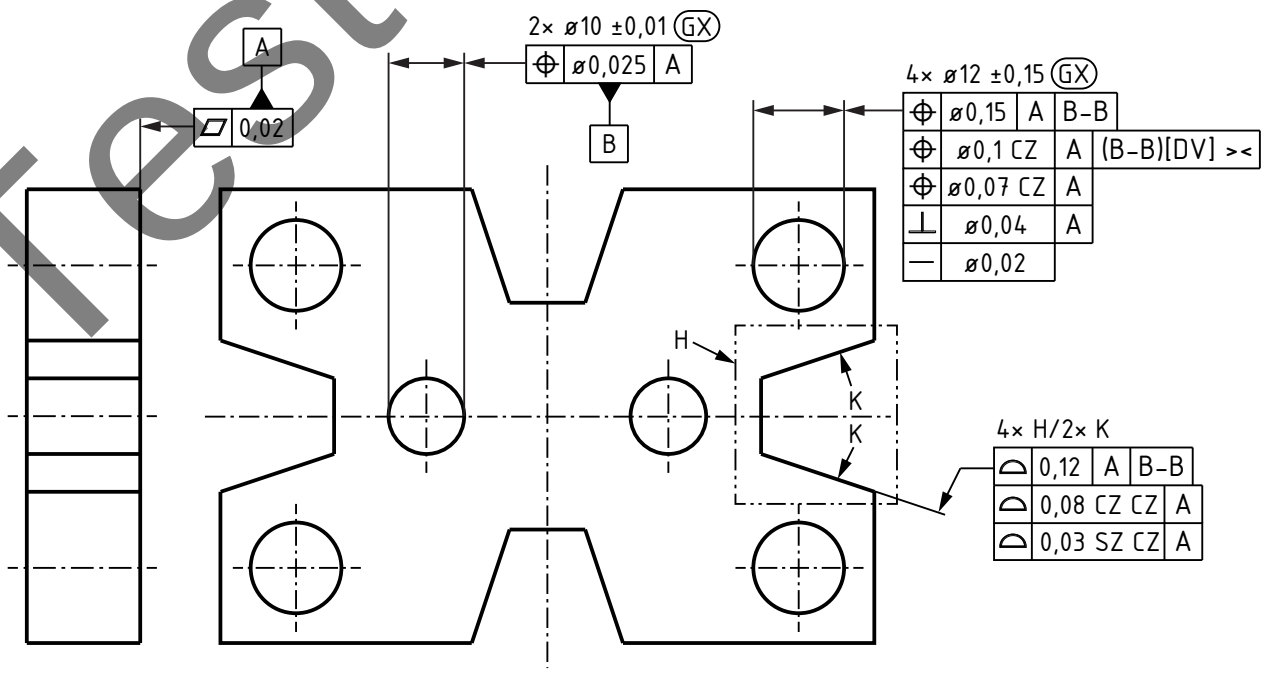
Specifica 3D:



Legenda
1) Indicatore di tolleranza
2) Campo per il simbolo
3) Campo per la zona di tolleranza, l'elemento geometrico e la caratteristica
4) Campo di riferimento
5) Elemento geometrico tollerato
6) Indicatore dell'elemento di riferimento (simbolo di riferimento)
7) Contrassegno dell'elemento di riferimento (lettera di riferimento)

Esecuzione dell'indicatore di tolleranza
– riquadro rettangolare
– esecuzione sotto forma di tratto sottile continuo (tipo 01.1 secondo la ISO 128-24)
– almeno due, al massimo cinque campi
– leggibili dal basso o da destra (è preferibile la leggibilità dal basso)

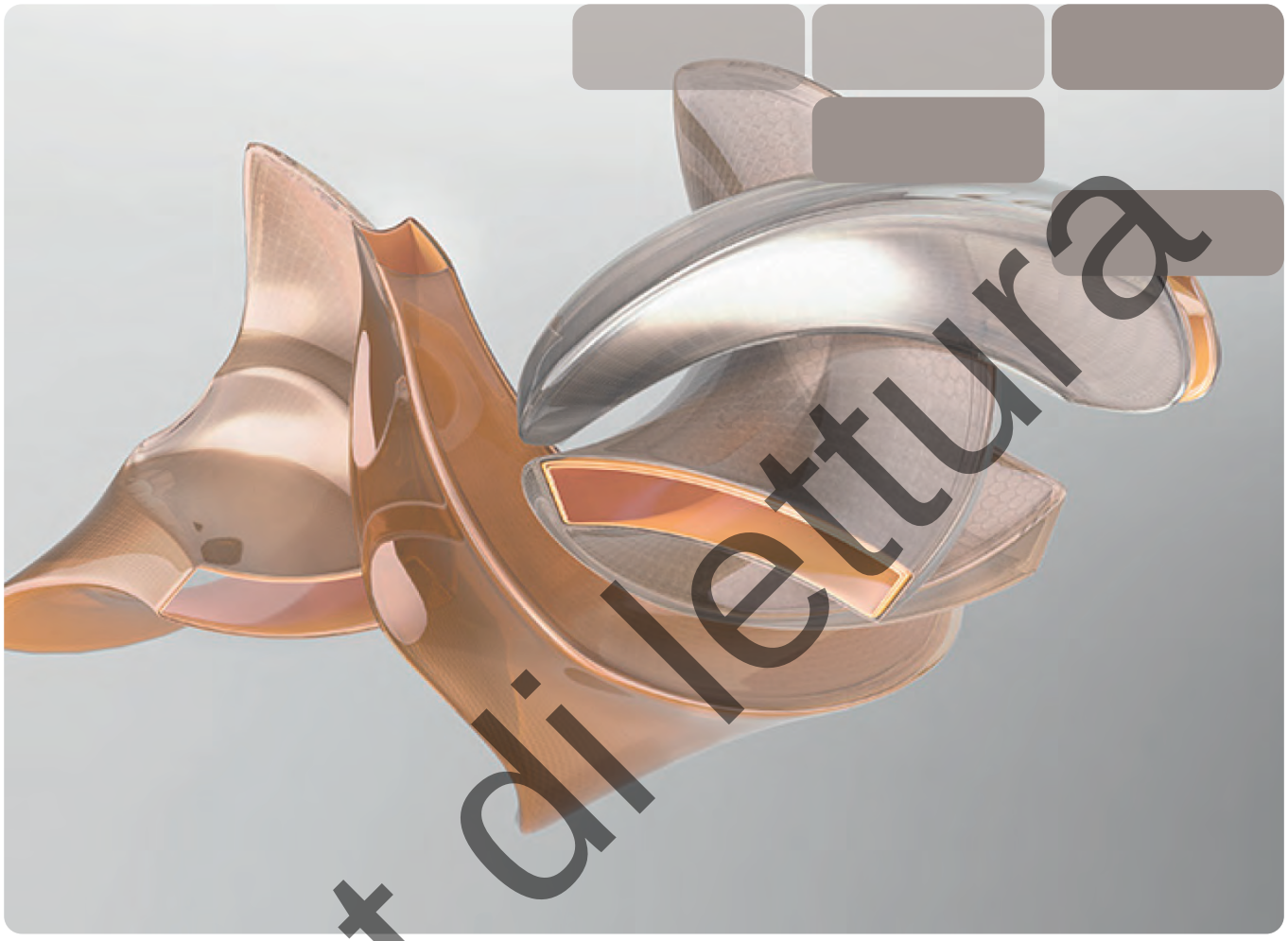
Se per un elemento geometrico sono richieste due o più specifiche geometriche, gli indicatori di tolleranza possono essere disposti uno sopra l'altro (specifiche di tolleranza sovrapposte). Gli indicatori di tolleranza dovrebbero essere disposti in ordine decrescente dall'alto verso il basso, secondo la larghezza delle zone di tolleranza.



Geometria nominaletratta
dalla record di dati CAD
ABC 572 127.DXF
0,25 A B-B

Test di lettura

6. Indicatori per elementi piani e geometrici

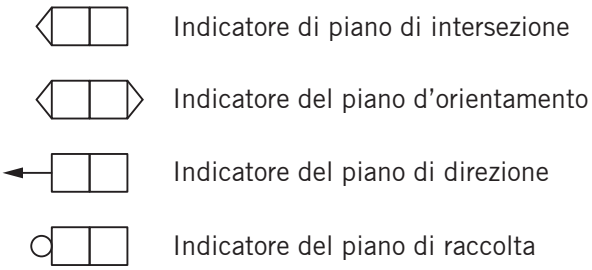


Test di lettura

6. Indicatori per elementi piani e geometrici

6.1 Necessità di specificare indicatori per piani ed elementi geometrici

Le future generazioni di software di misurazione dovranno essere in grado di estrarre le informazioni di tolleranza digitali implicite contenute nel record CAD. In tal modo, tutte le regole di tolleranza, la cui interpretazione è associata a un «piano di disegno o di proiezione» (come presente nelle «specifiche 2D»), non sono più applicabili. Con la nuova edizione della ISO 1101:2017, non esiste più alcun «piano di disegno o di proiezione». Per le specifiche geometriche la cui interpretazione è legata a una direzione o a un piano, può essere necessario specificare **indicatori aggiuntivi per i piani e gli elementi geometrici**. A tale scopo sono a disposizione:



Indicatore di piano di intersezione

Indicatore del piano d'orientamento

Indicatore del piano di direzione

Indicatore del piano di raccolta

6.2 Indicatore del piano di intersezione

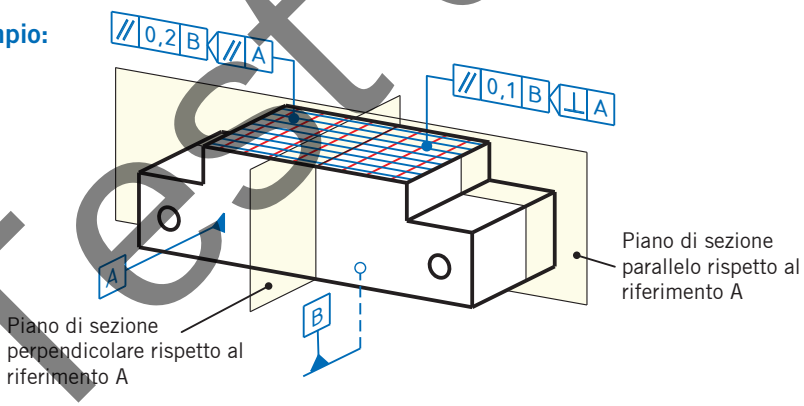
6.2.1 Necessità di specificare piani di sezioni e di eccezioni

I piani di sezione servono per definire la direzione dei requisiti delle linee, come p. es. la rettilineità di una linea in un piano o la definizione delle specifiche del profilo delle linee su un componente prismatico.

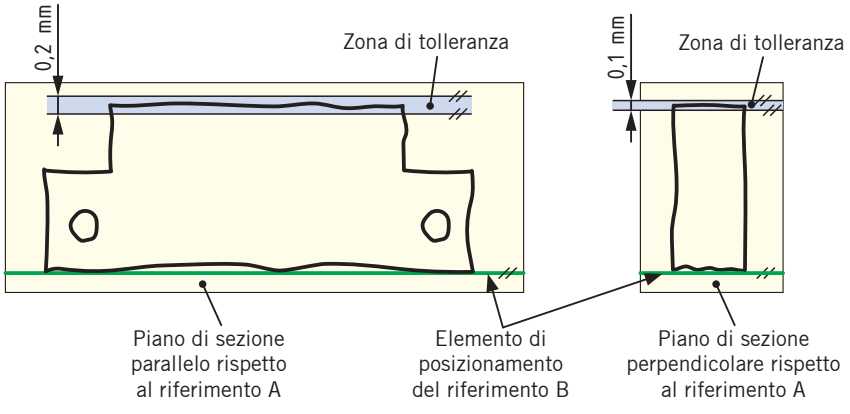
I piani di sezione devono sempre essere specificati, se l'elemento geometrico tollerato è una linea (2D) su un elemento geometrico integrale (3D) della classe di invarianza specificata al capitolo 6.2.2.

Indicando un piano di sezione, può essere definita la direzione di una linea su una superficie dell'elemento geometrico. In tal modo, si definisce poi la direzione di analisi, indipendentemente da un piano di disegno o di proiezione.

Esempio:

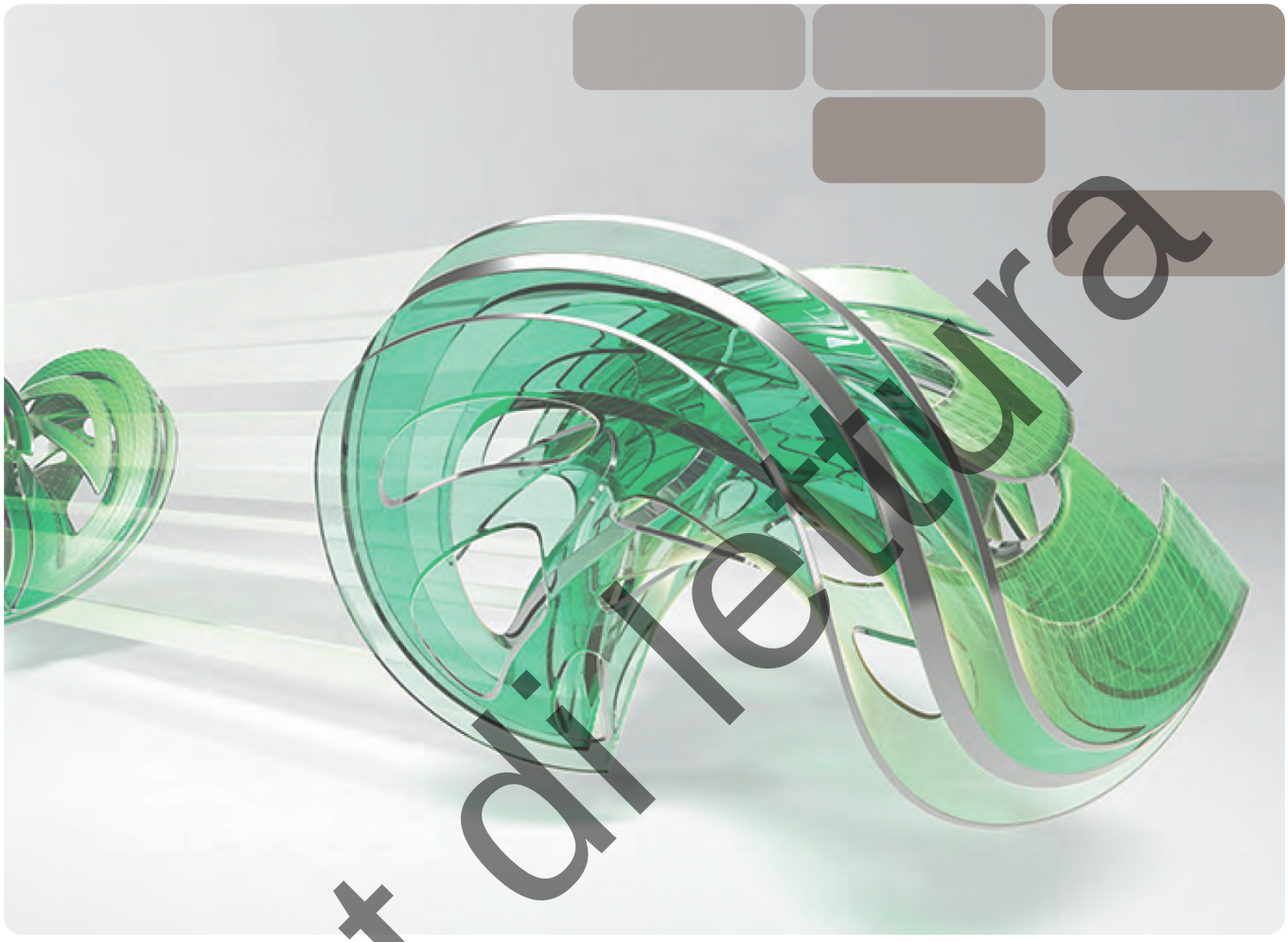


Definizione della direzione di analisi tramite l'indicatore del piano di intersezione



Test di lettura

7. Modificatori per la zona di tolleranza, elemento geometrico e caratteristica



Test di lettura

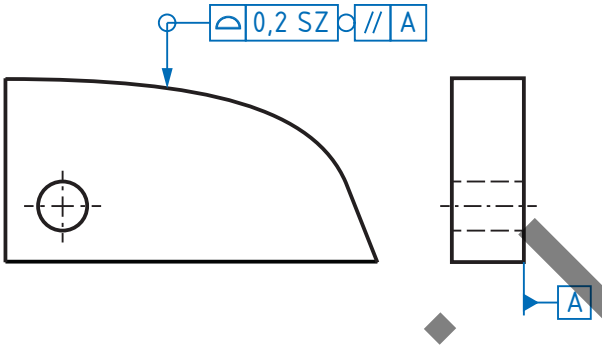
7. Modificatori per la zona di tolleranza, l'elemento geometrico e la caratteristica

2. Se una specifica di posizione viene applicata a più di un elemento geometrico e le zone di tolleranza specificate presentano almeno un grado di libertà non bloccato (libero) non ridondante, deve essere specificato anche il modificatore SZ a meno che uno dei modificatori CZ, CZR, UF (se applicabile) o SIM sia stato specificato (esempio 3, pagina 94).

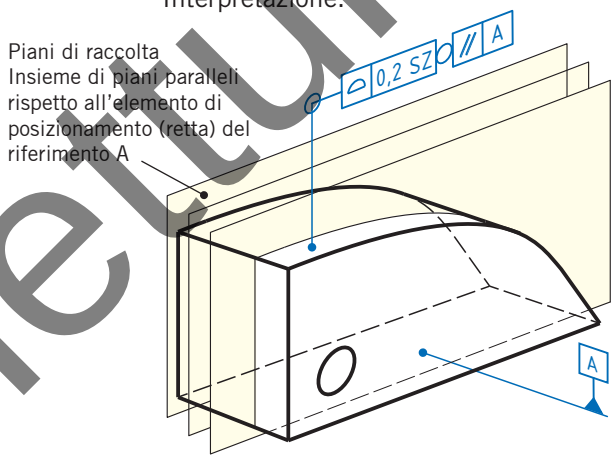
   La ragione di questa regola particolare è la distinzione esplicita da una precedente edizione della norma ISO 5458 (ISO 5458:1998; ritirata) in conflitto con il principio di indipendenza. Secondo la ISO 5458:1998, una specifica geometrica combinata (singola specifica di un gruppo di elementi) con vincoli interni di direzione e posizione è stata creata senza il modificatore «CZ» che in quel momento non era ancora stato definito.

Esempio 1:

Specifica:

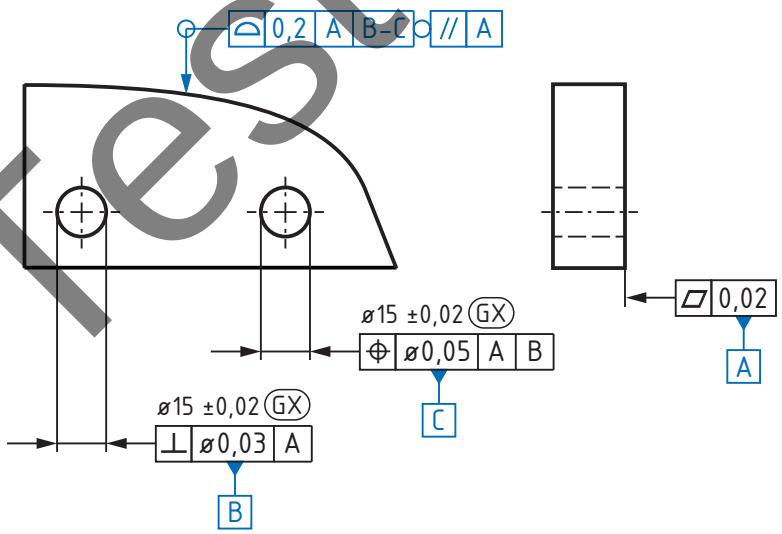


Interpretazione:



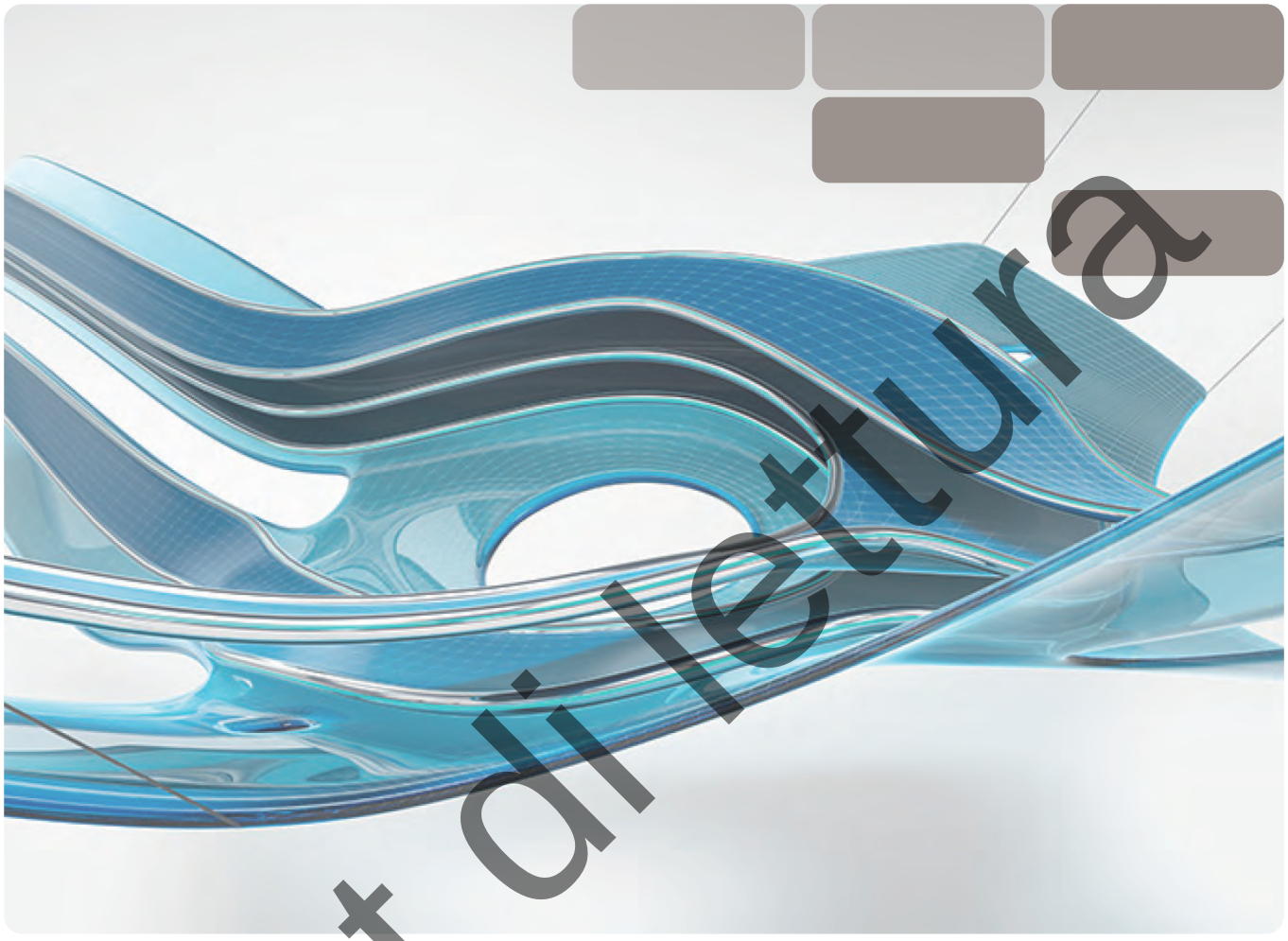
Esempio 2:

Specifica:



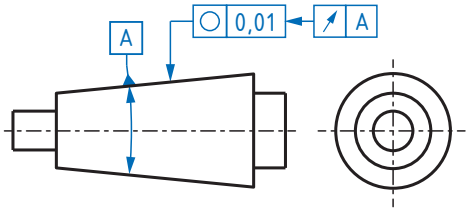
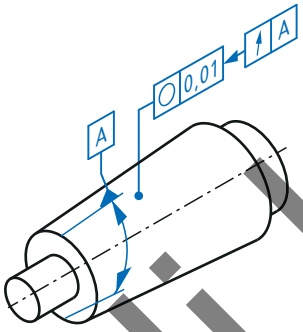
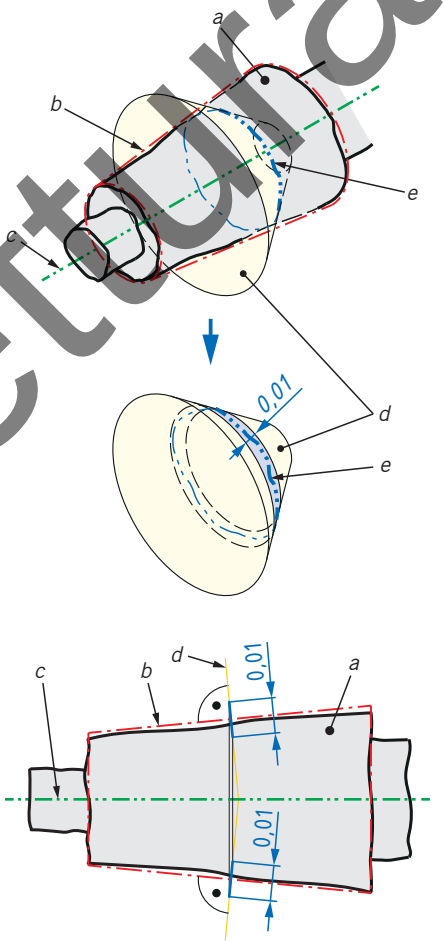
Test di lettura

9. Specifiche geometriche



Test di lettura

9. Specifiche geometriche

Circolarità / specifica di circolarità		
Simbolo	**Iscrizione nel disegno**	**Interpretazione**
○ t	b) con indicatore dell'elemento di direzione «oscillazione» 2D:  3D:  	Ogni circonferenza estratta risultante dall'intersezione di un cono ideale con la superficie laterale del cono (non ideale) deve trovarsi tra due cerchi concentrici distanti 0,01 mm l'uno dall'altro che si trovano sul cono di sezione.  = zona di tolleranza *a* = pezzo *b* = cono associato teoricamente esatto *c* = riferimento A (elemento di posizionamento retta del cono associato *d* = cono di sezione (coassiale rispetto all'elemento di posizionamento retta del cono associato e l'angolo del cono orientato in modo tale da intersecare perpendicolarmente il cono associato) *e* = linea integrale estratta (circonferenza)

Test di lettura