

Particolarità tecniche delle smussatrici Samputensili

La smussatura degli ingranaggi cilindrici è da molti costruttori considerata un'operazione di seconda categoria, nel senso che non è considerata essenziale per il corretto funzionamento dell'ingranaggio.

Ma l'esperienza dimostra invece che se si vuole ottenere un accoppiamento privo di rumorosità la smussatura dei fianchi laterali dei denti diventa una necessità assoluta.

Se per gli smussi sulla sommità dei denti, quelli identificati cioè con il termine "semitopping", non esistono particolari problemi in quanto nella quasi generalità dei casi vengono eseguiti con gli utensili dentatori, per gli smussi laterali esiste una particolare tecnologia che è andata perfezionandosi nel tempo e che richiede specifici utensili e macchine dedicate.

In effetti la smussatura deve essere abbinata sempre all'operazione di sbavatura, in quanto gli eventuali residui di bava presenti sul vano o all'esterno del dente possono compromettere in maniera grave le operazioni successive di finitura, siano queste la rasatura o la rettifica.

Nella figura N°1 si può vedere lo stato di una dentatura prima e dopo l'operazione di cui si parla.



Figura N°1- *Dentatura prima e dopo le operazioni di smussatura - sbavatura*

Come è noto, la smussatura di tutti gli spigoli del dente che delimitano la zona attiva di ingranamento è necessaria per annullare gli effetti dannosi che potrebbero avere le ammaccature sugli spigoli stessi. Durante le varie movimentazioni degli ingranaggi, prima e dopo il trattamento termico, è molto frequente che i pezzi subiscano degli urti accidentali che provocano dei rigonfiamenti sugli spigoli i quali alterano la corretta rotazione del pezzo con conseguente rumorosità dell'accoppiamento.

La smussatura dei denti, e parliamo sempre della smussatura degli spigoli laterali, sia quelli acuti che quelli ottusi, può essere fatta con vari sistemi, in relazione al tipo di produzione a cui ci si riferisce.

Per esempio, se si tratta di piccole serie si possono usare semplici macchine che usano frese a dito, se il pezzo non ha ancora subito il trattamento termico, oppure delle mole abrasive flessibili a disco, se il pezzo è già stato temprato o se ha dimensioni notevoli.

Questo ultimo sistema è usato anche per produzioni di una certa entità in quanto non richiede utensili particolari e la macchina è completamente flessibile.

La smussatura con mole abrasive in ogni caso non garantisce una buona costanza dello smusso in tutta la sua estensione, sia per quanto riguarda la sua larghezza sia per l'inclinazione dello smusso stesso.

Gli smussi laterali possono essere eseguiti anche con un apposito creatore, montato in serie al creatore che esegue la dentatura, ma anche questo sistema non ha avuto un grande successo anche per la difficoltà di progettazione e di messa a punto degli utensili.

Il sistema invece che ha avuto una grande diffusione è quello che usa utensili smussatori che operano per compressione, cioè che ricalcano il materiale dello spigolo, sistema appunto adottato dalla Samputensili.

In effetti questo tipo di utensile che è stato a suo tempo brevettato dalla Samputensili è derivato da un vecchio sistema di smussatura per "compressione" che però smussava solo gli spigoli acuti dei denti. Il merito della Samputensili è stato appunto quello di studiare e realizzare un tipo di utensile che fosse in grado di smussare contemporaneamente, entrambi gli spigoli, acuto ed ottuso, garantendo alla zona attiva del dente una protezione completa.



Figura N°2 – Coppia di utensili smussatori

I problemi che la smussatura con questo tipo di utensili, su macchine automatiche, deve affrontare sono molteplici. Esaminiamo i principali.

Costanza dello smusso

Bisogna in primo luogo intendersi su cosa significa "costanza dello smusso".

Fissate le dimensioni dello smusso, ampiezza e inclinazione, questa deve essere uguale su tutti i denti, sia sul fianco acuto che su quello ottuso, e mantenersi costante su tutta la circonferenza, inoltre gli smussi devono essere uguali sui due lati dell'ingranaggio.

Parlando degli smussi su un lato essi possono variare lungo la circonferenza nel caso che l'ingranaggio sia fortemente eccentrico o che abbia forti differenze di spessore dei denti.

Per compensare queste anomalie le smussatrici Samputensili premono gli utensili smussatori con cilindri pneumatici che hanno la particolarità di applicare una pressione "morbida", nel senso che la slitta portautensili segue, quasi completamente, l'eccentricità dell'ingranaggio. In pratica ogni fianco dei denti dell'utensile preme il corrispondente spigolo del dente dell'ingranaggio con una stessa pressione e quindi genererà una stessa deformazione del materiale. Ciò significa che ogni dente avrà lo smusso della stessa dimensione.

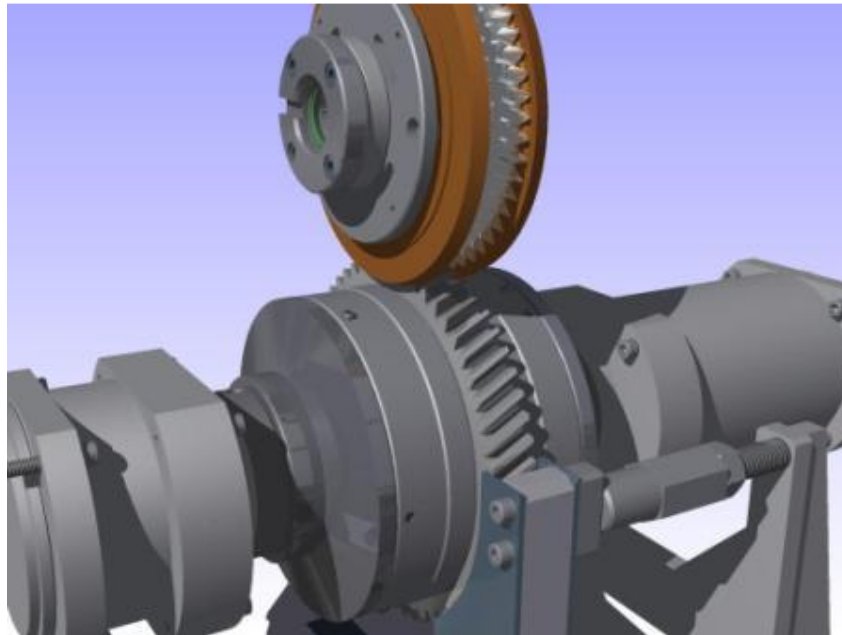


Figura N°3- Gruppo di utensili smussatori e sbavatori in presa sull'ingranaggio

La dimensione degli smussi può essere regolata in due modi: o variando la pressione sui cilindri pneumatici oppure variando il tempo di rotazione. E' intuitivo che se l'utensile insiste per più tempo sul pezzo lo smusso sarà maggiore.

Ma gli ingranaggi da smussare possono presentarsi sotto il gruppo degli utensili in posizioni assiali leggermente diverse, per effetto delle tolleranze di esecuzione o per qualche errore dimensionale. Questo succede in particolare quando si lavorano ingranaggi su alberi. Senza un'adeguata compensazione di questa errata posizione, gli smussi avranno dimensioni diverse su una facciata rispetto l'altra.

Il problema viene risolto dalla Samputensili lasciando il gruppo di utensili libero di muoversi, entro certi limiti, in senso assiale. Per effetto della conicità dei denti smussatori si ha un auto-allineamento dell'utensile sul pezzo e gli smussi saranno uguali sulle due facciate dell'ingranaggio.

Si è detto che l'operazione di sbavatura viene eseguita in contemporanea con la smussatura, e vedremo poi il perché deve essere così. Ora bisogna notare che se la fascia dentata ha larghezze diverse, e ciò succede sempre, se non altro per le tolleranze di costruzione, e gli utensili sbavatori sono regolati per mantenere una certa distanza fissa tra di loro, il risultato è che un utensile sbavatore asporterà più materiale dell'altro con conseguente modifica della dimensione degli smussi.

Questo potenziale inconveniente è stato superato grazie all'azione di molle pre-caricate che tengono gli utensili aderenti alle facciate dell'ingranaggio e, all'occasione permettono agli utensili di allontanarsi o di avvicinarsi tra loro compensando in questo modo le differenze di larghezza della fascia dentata. In questo modo si ha una maggior costanza degli smussi sui due fianchi.

Si vedrà poi che questo sistema ha anche un'altra funzione.

Poiché in posizione di riposo la distanza tra i due utensili sbavatori è minore della larghezza della fascia dentata, gli utensili devono avere uno smusso di imbocco e devono presentarsi sempre in una determinata posizione sul pezzo, come indicato in figura N°4.

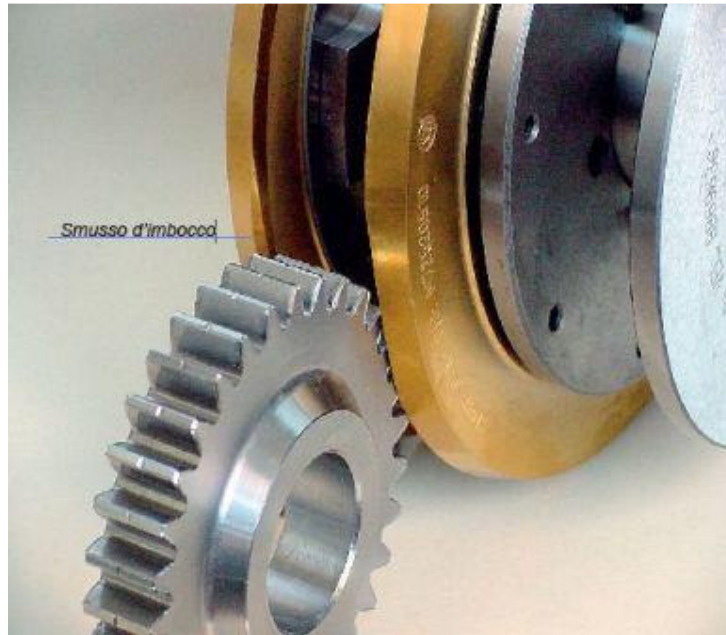


Figura N°4- Gruppo di utensili sbavatori con evidenziato lo smusso d'imbocco

Rotture degli utensili

E' questo un pericolo sempre in agguato, specie nelle lavorazioni di grandi serie in linee automatiche. Se consideriamo l'accoppiamento tra l'ingranaggio e la coppia di utensili smussatori, vediamo che è necessariamente un accoppiamento senza gioco. Se le posizioni del pezzo e degli utensili, in senso radiale, fossero fisse ed invariabili, ogni eccentricità dell'ingranaggio genererebbe grandi sforzi e frequenti rotture degli utensili. Basti pensare al perché in una scatola cambio gli ingranaggi sono accoppiati sempre con gioco.

Questa condizione si verificherebbe per esempio se la pressione fosse data da sistemi elettromeccanici o da cilindri idraulici.

Si è però visto che la pressione degli utensili è data da cilindri pneumatici che permettono una certa variazione dell'interasse e quindi l'annullamento della pericolosa influenza dell'eccentricità. Quindi sulle macchine Samputensili questo pericolo non esiste.

Ma la rottura degli utensili, specie di quelli di piccolo modulo, può avvenire anche durante la delicata fase di ingranamento.

Le macchine Samputensili hanno un particolare sistema di sincronizzazione il quale essenzialmente è costituito da un disco coassiale agli utensili, che ha una tacca sulla quale si innesta un puntalino di riferimento.

In questo modo gli utensili si presentano sul pezzo in una posizione fissa. Quando l'utensile si avvicina al pezzo se si ha un contatto testa contro testa, un sensore segnala che il gruppo utensili non è arrivato all'interasse voluto e dà il segnale per una piccola rotazione angolare del pezzo in modo da presentare un vano della dentatura del pezzo sotto un dente dell'utensile. La macchina inizia l'operazione solo quando pezzo e utensili sono all'interasse prefissato, cioè quando si è sicuri dell'avvenuto corretto ingranamento.

Ricalcamento del materiale.

Lo spigolo da smussare viene premuto dal fianco del dente dello smussatore ed il materiale viene deformato plasticamente. La forma del fianco del dente dell'utensile è studiata in modo da spostare verso l'esterno il materiale, provocando un rigonfiamento sulla facciata dell'ingranaggio.

Questo materiale viene asportato dagli utensili sbavatori, la cui pressione sulle facciate deve essere tanto maggiore quanto più importante è il rigonfiamento. La regolazione della pressione viene fatta variando il tipo di molle o il loro numero.

A questo punto è importante notare che le operazioni di smussatura e di sbavatura vengano eseguite contemporaneamente perché, se si facesse prima la smussatura, molta della bavatura presente nell'ingranaggio andrebbe a finire all'interno dei vani ed inoltre se le rigonfiature dovute allo spostamento del materiale verso l'esterno coprono l'intera circonferenza l'azione dello sbavatore sarebbe meno incisiva.

Invece se la sbavatura avviene contemporaneamente alla smussatura, la bavatura viene asportata progressivamente prima che possa finire all'interno dei vani e le rigonfiature vengono asportate appena si formano.

Tuttavia, una certa quantità di materiale viene inevitabilmente spostato verso l'interno del vano e questo può provocare inconvenienti più o meno seri nelle fasi di finitura, specie nella rettifica o nella levigatura (*honing*).

Questo rigonfiamento ha un'entità compresa tra 0,05 a 0,10 mm in relazione al tipo di materiale, all'entità e dall'inclinazione dello smusso.

Sono stati studiati almeno due sistemi per evitare questo inconveniente.

Il primo è quello di inserire tra i due utensili smussatori un rullatore, cioè uno speciale ingranaggio che ha la zona di contatto nelle due estremità della fascia dentata e quindi schiaccia il materiale rivoltato verso l'interno costringendolo a spostarsi verso l'esterno.

Il secondo è quello di usare un utensile smussatore speciale, che si chiama "smussorullatore". Questo utensile è per mezza circonferenza uno smussatore e per l'altra metà un rullatore. L'utensile è un po' più complesso, ma complessivamente l'allestimento generale della macchina risulta più semplice e tutto sommato meno costoso.

In pratica con la rullatura si esegue un piccolo smusso secondario con un'inclinazione di 1 – 1,5 gradi rispetto alla superficie attiva del dente, come indicato dalla figura N°5.

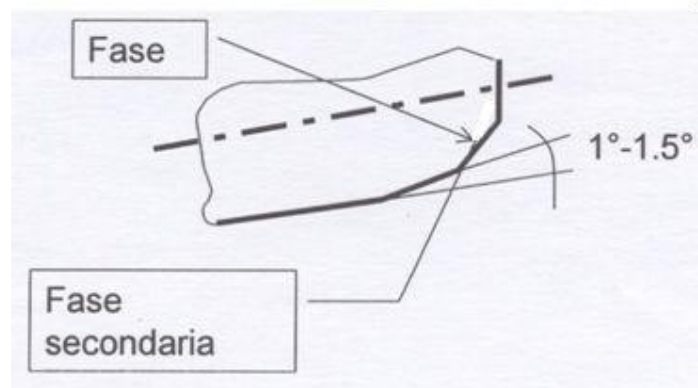


Figura N°5 – Esecuzione dello smusso secondario con rullatura

L'effetto di questa operazione di rullatura risulta più evidente osservando i diagrammi dell'elica riportati in figura N°6. La ricalcatura all'interno del dente, specialmente evidente in corrispondenza dello spigolo ottuso, scompare dopo la rullatura.

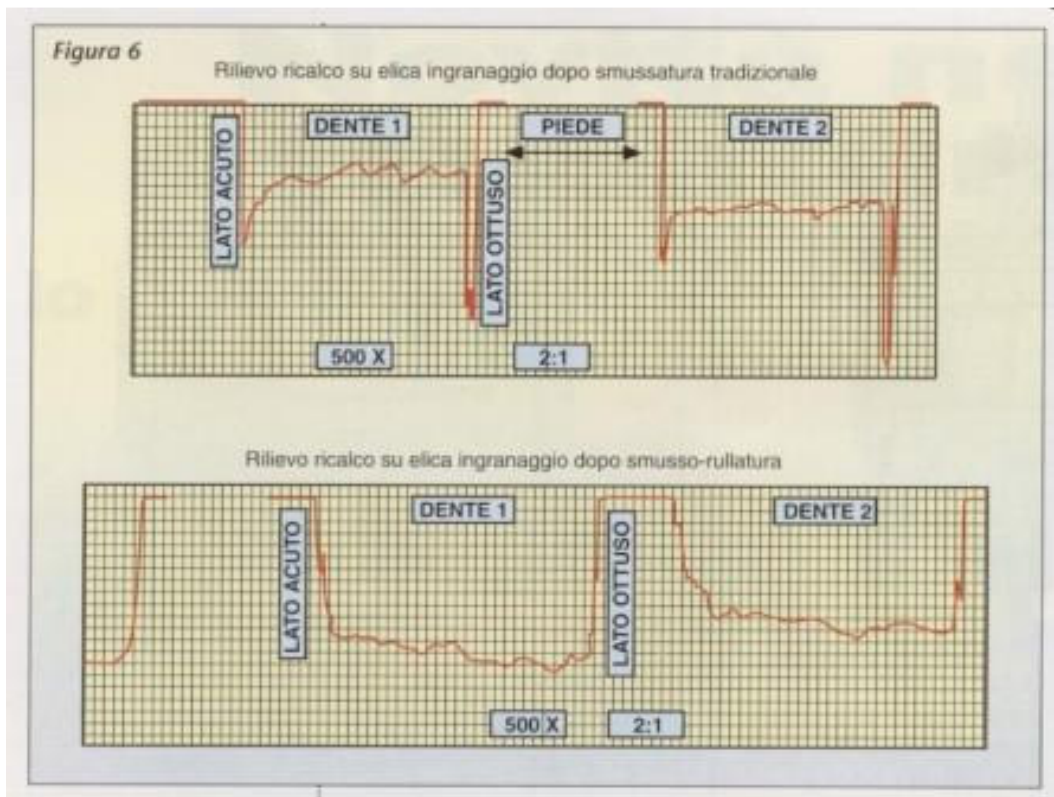


Figura N°6 - Diagrammi dell'elica prima e dopo la rullatura.

La figura N°7 mostra un utensile smusso-rullatore dove si può notare la netta separazione del settore dedicato alla smussatura da quello preposto alla rullatura.



Figura N°7- Utensile smusso-rullatore della Samputensili.

Usura precoce degli utensili smussatori

Una coppia di utensili smussatori può lavorare un numero considerevole di ingranaggi. La sua durata dipende dall'entità dello smusso che si deve eseguire, dalla durezza del materiale e dalla sua lavorabilità. In genere si possono eseguire dalle 50.000 alle 200.000 smussature prima di dover riaffilare gli utensili.

Gli utensili smussatori non traggono nessun vantaggio dalla ricopertura con TiN o con altri tipi di ricoprimento.

Si è osservato invece che la vita di un utensile è molto influenzata dal grado di finitura della superficie che viene in contatto con l'ingranaggio.

Una rettifica grossolana del fianco del dente riduce di molto il numero di pezzi che l'utensile potrà smussare. Ciò è spiegabile con il fatto che l'utensile lavora per compressione e deve deformare l'acciaio del pezzo in lavorazione; in queste condizioni, se la superficie ha un Ra molto elevato, si verifica un continuo grippaggio tra pezzo ed utensile con una progressiva asportazione di particelle di acciaio dal fianco dell'utensile, cioè, in parole povere, l'utensile si usura più velocemente.

E' per questa ragione che gli utensili smussatori eseguiti dalla Samputensili vengono levigati con un particolare processo che rende le superfici praticamente speculari.

Un utensile deve considerarsi usurato quando:

- *si osserva un cratere su tutti i denti dell'utensile;*
- *lo smusso tra due pezzi consecutivi non è più perfettamente uguale;*
- *lo smusso non segue più perfettamente l'andamento del profilo;*
- *il materiale ricalcato all'interno o all'esterno è troppo.*

Macchine

In genere l'operazione di smussatura-sbavatura viene eseguita su macchine dedicate.

La Samputensili costruisce e commercializza una serie di allestimenti le cui caratteristiche di base sono le seguenti:

Il modello base per lotti piccoli o medi **mod. S 250 CD**

La S 250 CD è stata progettata per la lavorazioni di piccoli e medi lotti di ingranaggi cilindrici sia diritti che elicoidali incluso geometrie speciali come raggi di connessione o facce inclinate.

La S 250 CD è controllata da un PLC Siemens S7-300. In configurazione standard la macchina è prevista per il caricamento manuale e può essere integrata con un magazzino pezzi. I vantaggi offerti da questo tipo di smussatrice possono essere così riassunti:

- *Il principio della costruzione modulare permette lo scambio di gruppi all'interno della serie e questo garantisce disponibilità di ricambi veloci e una integrazione senza problemi con le macchine dentatrici Samputensili.*
- *Asse pezzo orizzontale per una miglior evacuazione trucioli: gli utensili non vengono intasati dai trucioli e questo ne allunga la vita e migliora la qualità della lavorazione.*
- *Processo flessibile e sicuro grazie alla possibilità di lavorare sia a secco sia a umido.*
- *Moduli di automazione standard assicurano una facile connessione con sistemi di automazione pre-esistenti.*
- *Piazzamento facile e veloce. L'operatore è guidato da un intuitivo menù utilizzatore e da una interfaccia operatore unificata.*
- *Zona di lavoro completamente protetta con carterature in PVC fonoassorbenti. Porte scorrevoli trasparenti per un'ottimale visione della lavorazione con sistema di interblocco elettrico.*
- *Ingranamento automatico utensile pezzo.*
- *Nuovo sistema di cambio rapido utensile sia per utensili folli sia per utensili motorizzati.*

- *Mandrino porta pezzo motorizzato con riduzione meccanica e controllo della velocità. Cilindro pneumatico rotante per il bloccaggio pezzo.*
- *Una contropunta a regolazione manuale permette l'adattamento a qualunque geometria di pezzo da lavorare.*

I modelli della serie **S 250 CDA/CDP** sono indicati per produzioni di grandi serie su linee automatiche.

La S 250 G è equipaggiata con un semplice portale a doppia pinza rotante. Questo sistema di prelievo e deposito pezzi permette l'inserimento della macchina in linee di produzione esistenti. I pezzi possono essere prelevati e depositati sia con asse orizzontale sia con asse verticale. Non sono necessarie automazioni aggiuntive.

La S 250 CDP è equipaggiata con un sistema di trasporto pezzi passante attraverso la macchina dove vengono bloccati e lavorati. La S 250 CDP è integrata direttamente nel flusso produttivo. Non sono richiesti costi per automazioni aggiuntive. Generalmente questa soluzione è proficua quando il flusso dei pezzi è orizzontale.

La caratteristica della **S 250 CDX** è costituita dalle due slitte sulle quali sono montate due teste a revolver ognuna delle quali può montare fino a 5 gruppi utensili differenti; in totale 10 gruppi per una vasta combinazioni di utensili.

La S 250 CDX è controllata da un sistema Siemens 840 D.

Piazzamento e funzionamento sono realizzati in modo intuitivo e veloce attraverso il menu operatore Samputensili con una interfaccia di facile comprensione.

Come opzione, la S 250 CDX, può essere equipaggiata, al posto di un gruppo utensile, con un'unità di foratura per la realizzazione di fori per il passaggio refrigerante. Un sistema di fasatura integrato assicura il corretto posizionamento del pezzo per evitare rotture della punta. Un'unità laser controlla lo stato della punta.

La S 250 CDX si adatta ad una vasta gamma di sistemi di automazione. Come sistema standard viene offerto un portale integrato a doppia pinza controllato dal CNC della macchina. I movimenti delle pinze (rotazione, apertura e chiusura) sono realizzati tramite sistemi pneumatici. Per gli ingranaggi con foro viene semplicemente aggiunto un movimento pneumatico alla pinza per la lavorazione ad asse orizzontale ed il trasporto su pallet ad asse verticale.

Il vantaggio principale è dato dal fatto che alberi fino a 5 dentature differenti o della stessa famiglia possono essere smussati e sbavati senza dover ricorrere ad un nuovo piazzamento macchina incluso l'esecuzione dei fori per il passaggio refrigerante.

Tutto questo fino a che è possibile utilizzare lo stesso sistema di presa pezzo.

Riepilogo dati tecnici delle smussatrici Samputensili

	S 250 CD	S250 DA/CDP	S 250 CDX
Gamma diametri pezzo (mm)	15 – 250	15 – 250	15 – 250
Max. modulo (mm)	8.0	8.0	8.0
Spessore dente (mm)	4 – 105	4 – 105	50
Max. lunghezza pezzo (mod. standard) (mm)	450	450	400/700
Max. peso pezzo (versione standard) (Kg)	12	4,5	15 (30)
Potenza motore testa utensile (Kw)	1,5	1,5	1,5
Numero teste porta utensile	2	2	2x5
Numero teste porta utensile/gruppi per mandrino utensile	1	1	2 (10 in tot.)
Controllo	Simatic S7-300 PLC	SimaticS7-300 PLC Sinumerik 840D CNC	Sinumerik 840D CNC
Dimensioni macchina LxPxA (m)	1,95 x 0,95 x 1,90	1,95 x 0,95 x 1,90 5,00 x 3,42 x 2,75	1,95 x 0,95 x 1,90
Peso macchina, circa (Kg)	3.000	3.000	4.200