

La dentatura di micro ingranaggi

Il settore della meccanica che si interessa della produzione di ingranaggi molto piccoli presenta delle caratteristiche interessanti che solo aziende fortemente specializzate possono affrontare con successo. Le macchine dentatrici che eseguono i micro ingranaggi devono poter gestire le fasi di carico, dentatura e scarico con assoluta precisione.

La varietà di ingranaggi è praticamente infinita e, se parliamo di dimensioni, spazia da micro ingranaggi impiegati negli orologi o in qualche particolare strumento di misura, agli immensi ingranaggi di grandi impianti che possono raggiungere diametri di oltre dieci metri.

Se si esamina ad occhio nudo un piccolissimo ingranaggio di modulo inferiore a 0,1 mm è quasi impossibile distinguere nettamente le sue caratteristiche: è necessario usare una forte lente di ingrandimento o un microscopio.

Per un tecnico che è abituato a maneggiare ingranaggi "normali", per esempio quelli usati nel settore automobilistico, risulta facile immaginare tutte le difficoltà per dentare e finire ingranaggi così piccoli. In tutte le fasi di costruzione si incontrano difficili problemi che solo una specializzazione spinta può risolvere.

Pensiamo al solo carico e scarico sulla macchina operatrice di ingranaggi con diametro intorno al millimetro, al suo bloccaggio e trascinarsi, agli utensili da utilizzare in tornitura e dentatura, agli apparecchi di controllo eccetera.

Insomma, si tratta di una tecnologia particolare che poche aziende nel mondo sono in grado di gestire in modo adeguato.

Una di queste è la Affolter Technologies S.A. con sede in Svizzera e con filiali in tutte le aree del mondo con tecnologie avanzate.

Questa azienda produce una serie di dentatrici a creatore specifiche per ingranaggi piccolissimi che, come si vedrà, possono avere moduli fino a 0,02 mm.

Naturalmente queste dentatrici sono tutte a controllo numerico di concezione Affolter e sono dotate di motori lineari e di direct drive per gli assi rotativi. Secondo il tipo di macchina e il suo allestimento i controlli numerici possono gestire fino a 12 assi.

Tutte le macchine possono essere dotate di caricatore automatico in varie versioni, secondo le esigenze dei clienti e alla forma dei pezzi.

Oltre alle difficoltà tecniche accennate poco sopra relative ai dispositivi di centraggio, bloccaggio e di trascinarsi, particolare attenzione deve essere posta alla accuratezza delle corse degli utensili, alla gestione dei getti di lubro-refrigerante che potrebbero facilmente impedire il corretto posizionamento dei particolari da lavorare, alla assoluta precisione dei dispositivi di presa dei caricatori automatici. Sono tutte problematiche sconosciute nel mondo degli ingranaggi di dimensioni maggiori.

La Affolter presenta quattro modelli di dentatrici, le cui caratteristiche tecniche principali sono elencate nella tabella n°1. Come si può vedere solo la dentatrice AF90 non è completamente automatica e ha delle limitazioni nella inclinazione del mandrino porta-creatore solo $\pm 10^\circ$.

Si può osservare che il modulo più piccolo realizzabile è 0,02 mm; si tratta di ingranaggi estremamente difficili da maneggiare e da controllare, con un'altezza dei denti di appena 0,05 mm.

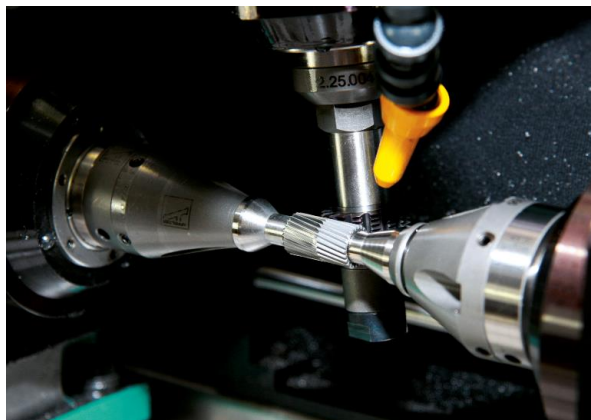


Figura N°1- Finitura con creatore in metallo duro (μ -skiving)

Tab- N°1

	AF90	AF100 Plus	AF101 Plus	AF110 Plus
Diametro max del pezzo (mm)	30	36	36	60
Lunghezza max del pezzo (mm)	40	50	50	90
Min modulo (mm)	0,02	0,02	0,02	0,02
Max modulo (mm)	0,5 - 0,8 (*)	0,5 - 0,8 (*)	0,5 - 0,8 (*)	0,5 - 1,5 (*)
Diametro max del creatore (mm)	24	24	24	38
Lunghezza max del creatore (mm)	20	20	20	50
Angolo inclinazione creatore (gradi)	$\pm 10^\circ$ (man.)	$\pm 30^\circ$ (auto)	$\pm 30^\circ$ (auto)	$\pm 10^\circ$ (auto)
Numeri giri max del creatore (min^{-1})	16.000	16.000	16.000	12.000
Potenza installata (KVA)	2	3	3	3
Peso netto (Kg)	650	1.800	1.300	1.800

(*) In relazione al materiale lavorato

Da notare l'alto numero massimo di giri del mandrino porta creatore che consente velocità di taglio elevatissime, sicuramente molto oltre alle reali possibilità di utilizzo anche con creatori di piccolo diametro in metallo duro su operazioni di skiving.

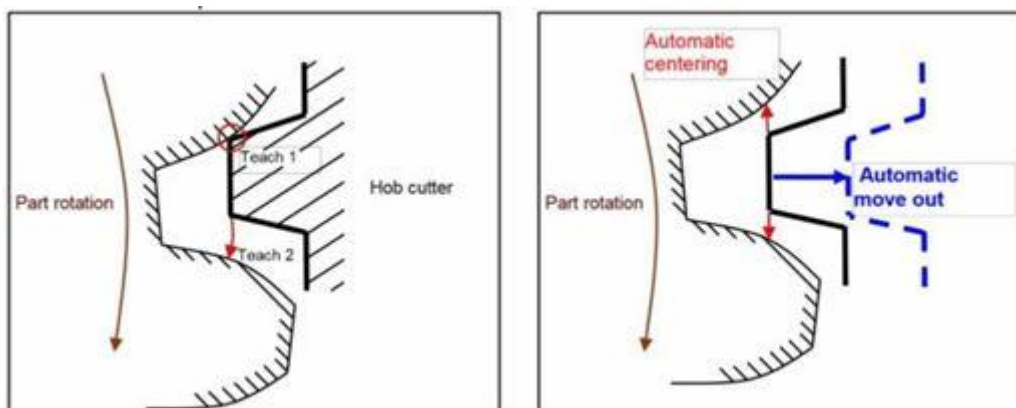


Figura N°2- Centrazione automatica del creatore sul pezzo

Le dentatrici AF100 Plus e AF110Plus sono anche adatte ad eseguire un'operazione di skiving, cioè una finitura dopo il trattamento termico con creatore in metallo duro, una operazione denominata μ -skiving, in alternativa alla rettifica.

Si possono lavorare ingranaggi con durezza di 60 - 65 HRC.

La cosa più interessante è il posizionamento automatico del creatore sul pezzo dentato, operazione che viene eseguita con l'aiusilio di un apposito laser che ricerca la posizione ottimale del pezzo rispetto al creatore in modo da distribuire una uguale quantità di materiale da asportare sui due fianchi.

Questo sistema di posizionamento non è certo una novità, viene eseguito normalmente in tutte le macchine rettificatrici per ingranaggi; qui la difficoltà risiede nella piccolissima dimensione del vano dente. Per esempio in un ingranaggio come quello di cui si accenna qui di seguito la larghezza del vano sul primitivo è di circa 0,5 mm, dove non è praticamente possibile utilizzare un tastatore meccanico e si è costretti a usare un sistema laser.

Come esempio di lavorazione si riportano i risultati della finitura con μ -skiving di un ingranaggio con le seguenti caratteristiche:

- Modulo 0,35
- Numero denti 32
- Angolo di pressione 20°
- Angolo di elica $11^\circ 30'$
- Durezza HRC 61 - 63

Come si può osservare nella figura N°3 la precisione ottenuta è notevole, certamente paragonabile a quella ottenibile con una operazione di rettifica.

Il profilo risulta di classe 3 - 4 mentre l'elica è di classe 1 secondo DIN 3962.

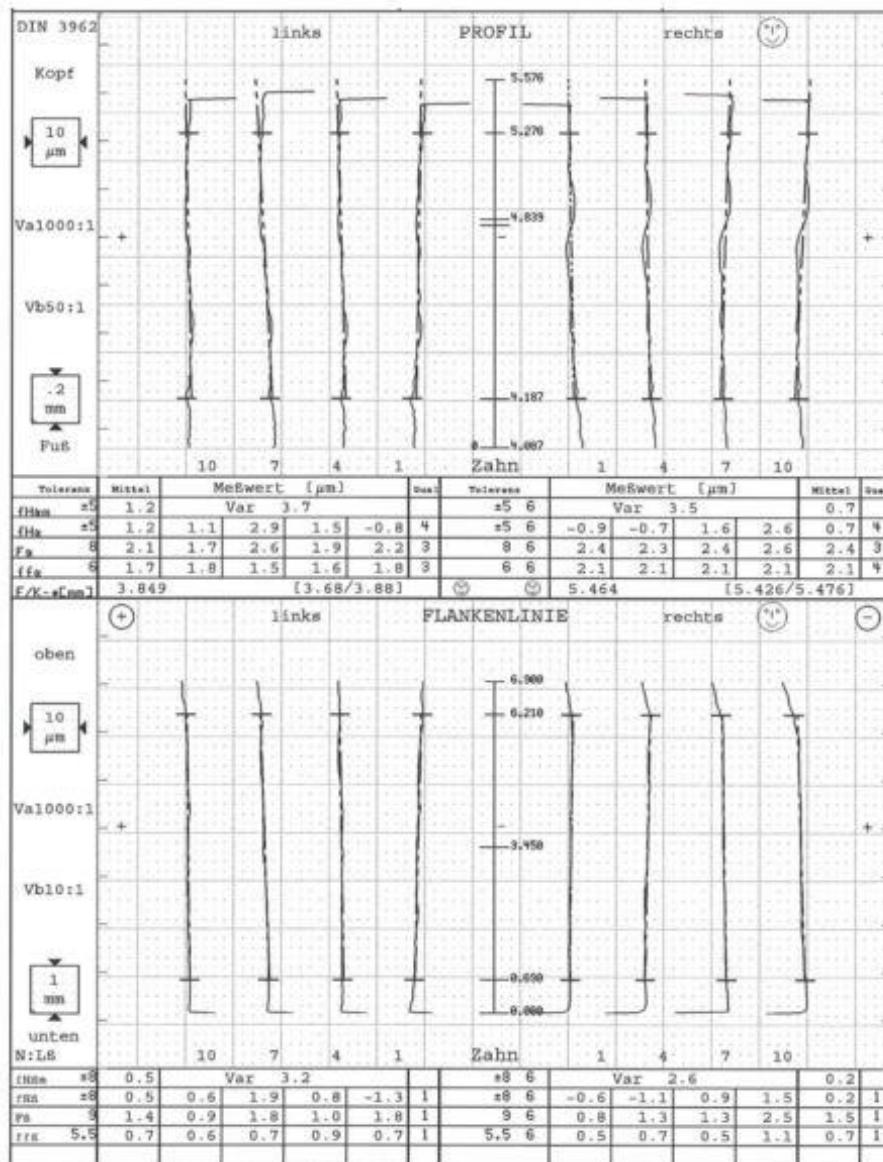


Figura N°3 – Esempio di precisione ottenibile con un'operazione di skiving su ingranaggi di modulo 0,35 mm

Come si è accennato le macchine possono essere dotate di caricatori di vario tipo, secondo la dimensione e la forma dell'ingranaggio da lavorare. Si possono attrezzare le macchine con caricatori semiautomatici, con caricatori universali con pinze che posizionano il pezzo in zona lavoro, con caricatori a tamburo, e infine con caricatori speciali adatti a specifici ingranaggi. In figura N°4 è rappresentato un caricatore a tamburo

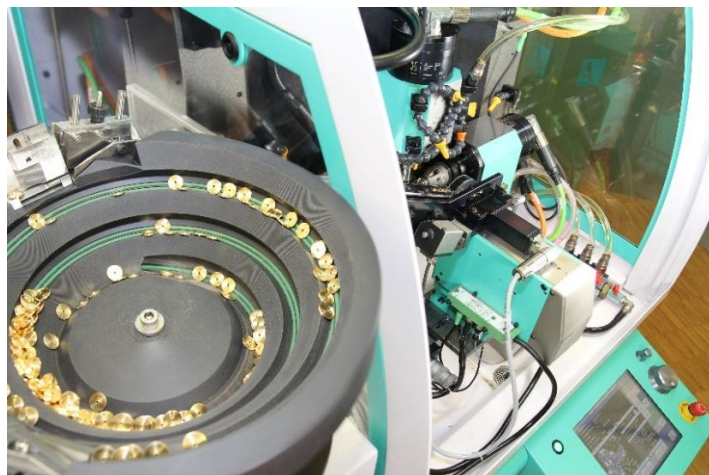


Figura N°4 – Caricatore a tamburo per pezzi di piccole dimensioni

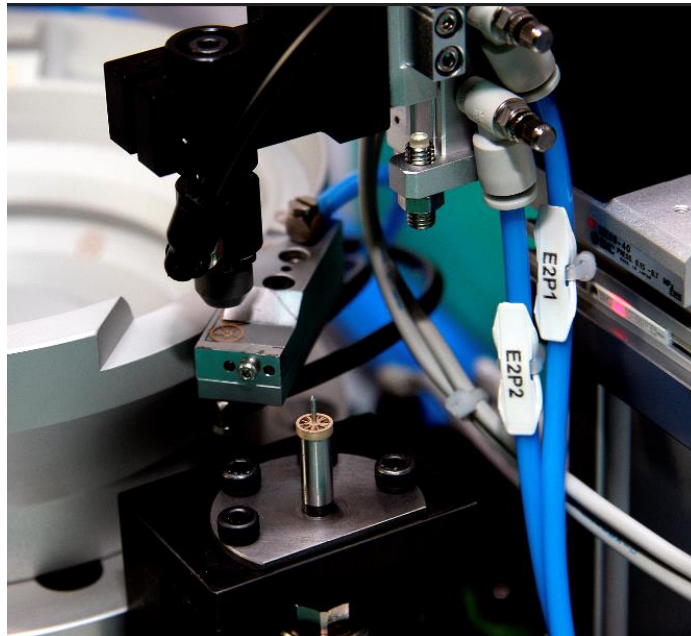


Figura N°5 – Piccolo ingranaggio caricato automaticamente su mandrino ad asse verticale

La serie di macchine Affolter è in grado di eseguire dentature di ogni tipo e anche lavorare viti senza fine. La dentatura può inoltre essere finita con una operazione di sbavatura.

Una delle applicazioni principali è la dentatura di ingranaggi per il settore orologeria, con una vastissima gamma di forme e dimensioni, ma anche nel settore degli apparecchi di controllo e della micro robotica le macchine Affolter trovano una vasta possibilità di impiego.

I campi in cui i micro ingranaggi sono utilizzati, tuttavia sono molto numerosi e comprendono, oltre a quelli citati gli apparecchi elettromedicali, quelli per l'impiantologia, gli attuatori elettrici, modellismo dinamico, macchine di confezionamento e pesatura e molti altri.

Nella figura N°6 sono indicate alcune tra le varie tipologie di ingranaggi eseguibili.



Figura N°6- Esempio di ingranaggi eseguibili con le macchine Affolter

E' necessario fare infine un breve cenno riguardo creatori che eseguono queste dentature.

In genere si tratta di creatori in lega dura (carburi sinterizzati) che permettono condizioni di lavoro molto elevate e rendimenti maggiori rispetto ai creatori in HSS.

Il loro costo è abbastanza limitato considerando le piccole dimensioni e quindi il basso costo del materiale necessario.

Le operazioni preliminari di filettatura e di esecuzione dei solchi di affilatura vengono eseguiti direttamente dal pieno con mole diamantate impiegando tempi limitati data la bassa profondità dei

denti. L'esecuzione della spoglia sui denti è invece un'operazione più delicata che richiede mole di piccolo diametro.

I solchi di affilatura possono essere dritti anche su creatori a più principi perché l'angolo dell'elica del filetto è basso a causa del piccolo passo tra dente e dente e ciò permette l'affilatura con mole diamantate.

Bianco Gianfranco

Giugno 2018