

BEAMICON

Tangentialmesser Anwendungshinweise



Kurzbeschreibung

Mit der Software-Option „Tangentialmesser“ kann die BEAMICON-Steuerung auch für Schneidplotter mit Tangentialmesser verwendet werden. Eine zusätzliche Drehachse (C) wird automatisch so angesteuert, daß das Messer immer in die aktuelle Bewegungsrichtung (XY-Vektor) zeigt, eben „tangential“. Dieses Dokument beschreibt, wie die Parameter für solche Maschinen eingestellt werden müssen, und was bei der Programmierung an Besonderheiten beachtet werden muß. Es dient als Ergänzung zum BEAMICON Installations- und Benutzerhandbuch.

1 Grundlagen

Ein Schneidplotter ist vom Aufbau prinzipiell vergleichbar mit einer Fräs- oder Graviermaschine. Er besitzt drei lineare Achsen X, Y und Z für die Positionierung, und eine C-Achse für die Drehbewegung des Messers. Die Z-Achse für die vertikale Einstechbewegung des Messers kann entweder über einen Positionierantrieb mit Schritt- oder Servomotor realisiert sein, oder auch mit einem Hubmagnet oder Pneumatikzylinder. Bei der zweiten Alternative gibt es dann keine verschiedenen Einstechtiefen wie bei Fräs- oder Gravurmaschinen, sondern nur „oben“ und „unten“ (PenUp/Down). Gleiches gilt für Z-Achsen mit automatischer Höhen- oder Anpressdruckregelung. Die Regelung erfolgt hierbei extern, die BEAMICON gibt nur die Up/Down-Befehle.

1.1 Systemvoraussetzungen

Die C-Achse sollte für hohe Dynamik ausgelegt sein und muß frei durchdrehen können, darf also keinen Anschlag besitzen. Für die Referenzierung (Nullstellung nach dem Einschalten) muß ein Endschalter vorhanden sein, der in beide Richtungen überfahren werden können muß (Nockenschalter oder Lichtschranke).

Als Fausregel gilt, daß der Antrieb in der Lage sein sollte, den einstellbaren max. Knickwinkel (siehe Parametereinstellungen) in maximal 50ms drehen kann, inklusive Beschleunigung und Abbremsvorgang. Dies entspricht bei einem empfohlenen max. Knickwinkel von 10° in etwa einer minimalen Drehgeschwindigkeit von $60/\text{min} = 1/\text{s}$ und einem Beschleunigungsvermögen von mindestens 13rad/s^2 . Zwar sorgt die Steuerung in jedem Fall dafür, daß auch bei scharfen Knicken keine „Positionssprünge“ sondern saubere Rampen an die C-Achse ausgegeben werden, sodaß auch langsamere Antriebe nicht aus dem Takt geraten. Bei mangelhafter Dynamik ist jedoch wegen schwankender Schnittgeschwindigkeit und kurzfristigen Winkelfehlern mit schlechten Schnittergebnissen oder verlängerten Bearbeitungszeiten zu rechnen.

Bei der Wahl der Getriebeübersetzung muß darauf geachtet werden, daß die Anzahl Schritte je Umdrehung des Messers eine ganze Zahl ist. Dies ist bei Übersetzungen von 1:N immer der Fall, wenn N eine natürliche Zahl ist. Bei „krummen“ Übersetzungsverhältnissen (z.B. 2:5) ist es vom verwendeten Schrittmotor bzw. der Encoderauflösung bei Servomotoren abhängig. Die Kombination $\ddot{U}=2:5$ und Encoderauflösung 512 Striche wäre z.B. unzulässig, da $512 \cdot \ddot{U}=204,8$ keine ganze Zahl ist. 500 Striche wäre dagegen in Ordnung.

1.2 Einschränkungen

Obwohl die BEAMICON-Steuerung drei oder mehr Achsen gleichzeitig bewegen kann, sollten beim Tangentialmesserschneiden möglichst nur sogenannte 2,5D-Programme benutzt werden, d.h. es sollte nur entweder in der XY-Ebene gefahren werden, oder die Z-Achse wird bewegt, während die anderen Achsen stillstehen. Die Steuerung erlaubt es zwar, z.B. auch schräg einzustechen, oder mit gezielten C-Achsendrehungen die Automatik zu übergehen. Solche Arbeitsweisen sollten aber den fortgeschrittenen Anwendern vorbehalten bleiben, da sie das automatische Ausziehen und Wiedereinstecken bei scharfen Ecken durcheinanderbringen können.

Aus dem selben Grund sind auch Helix- und alle Kreisbewegungen, die nicht in der XY-Ebene liegen, beim Tangentialmesserschneiden verboten.

2 Parametereinstellungen

Es wird vorausgesetzt, daß das BEAMICON Installationshandbuch bereits bekannt ist. Hier werden nur die Parameter beschrieben, die dort nicht aufgeführt sind, oder die bei Tangentialmesseranwendung eine abweichende Bedeutung haben.

Parameter	Einheit / Typ	Beschreibung
geometry	Text	Maschinengeometrie, immer XYZC für Tangentialmesseranwendungen
homing	Text	Aufzählung der Achsen, die Endschalter besitzen
selectable	Text	Aufzählung der Achsen, die mit dem Handrad auswählbar sind
zResolution	Schritte/m	optional, von der X- und Y-Achse abweichende Auflösung für Z-Achse
degResolution	Schritte/°	Auflösung der C-Achse, degResolution*360 muß eine ganze Zahl sein
minC	°	Verfahrbereich für C-Achse, untere Grenze, muß -360° betragen
maxC	°	Verfahrbereich für C-Achse, obere Grenze, muß +360° betragen
maxJumpVel	m/s	maximaler Geschwindigkeitssprung, der ohne Abbremsen gefahren werden kann
maxBendAngle	°	maximaler Knickwinkel, der ohne Abzusetzen geschnitten werden kann
pumpDelay	ms	Verzögerungszeit für PenUp/Down (anstatt Kühlmittelpumpe)
pumpRel	-	Ausgang-Nr. für PenUp/Down (nur bei Pneumatik, Hubmagnet, externe Z-Regelung)
licenseCode	Text	für die Tangentialmesser-Option ist ein Lizenzcode erforderlich

2.1 Maschinentyp, Art der Achsen

Beim Parameter „geometry“ muß für Tangentialmesser-Maschinen immer XYZC angegeben werden, unabhängig ob eine „richtige“ Z-Achse vorhanden ist, oder nur ein Hubmechanismus (z.B. pneumatisch). An dieser Einstellung erkennt die Steuerung, daß die C-Achse automatisch nachgeführt werden soll.

Bei „homing“ muß entweder XYZC angegeben werden, wenn die Maschine eine „richtige“ Z-Achse (Schritt- oder Servomotor) besitzt, oder XYZ falls nicht. Bei „selectable“ sollte im Normalfall XY bzw. XYZ stehen (reale Z-Achse bzw. Hubmechanismus), außer wenn die C-Achse etwa für Testzwecke oder zum Wechseln des Werkzeugs mit dem Handrad manuell verfahren werden muß. In diesem Fall muß zusätzlich ein C angehängt werden.

2.2 Auflösung der Z- und C-Achse

Da bei Plottern im Gegensatz zu Fräsmaschinen für die Z-Achse oft andere Antriebe verwendet werden, als für die X- und Y-Achse, kann mit dem Parameter „zResolution“ eine abweichende Auflösung angegeben werden. Falls die Z-Achse nicht vorhanden ist (Hubmechanismus für PenUp/Down) kann der Parameter auf Null gesetzt oder ganz weggelassen werden.

Bei der Auflösung der C-Achse muß eine Besonderheit beachtet werden. Wie schon oben erwähnt, muß die Anzahl der Schritte je ganzer Messerumdrehung (Parameter „degResolution“ * 360) eine ganze Zahl ergeben. Wenn „degResolution“ ein periodischer Dezimalbruch ist, sollten mindestens 5 Stellen hinter dem Komma angegeben werden. Da die C-Achse z.B. beim Schneiden einer Spirale beliebig viele Umdrehun-

gen machen kann, können sich sonst Rundungsfehler mit der Zeit aufsummieren. Beispiel: Schrittmotor mit 400 Schritten je Umdrehung, Getriebe 1:5 ergibt:

$$\text{degResolution} = 400 \cdot 5 / 360 = 5,55555555\dots$$

Korrekt gerundet sollte also $\text{degResolution} = 5,55556$ angegeben werden.

2.3 Wertebereich für Rotationsachse

Der zulässige Wertebereich für die C-Achse muß mit den Parametern „minC“ und „maxC“ auf -360 bis +360° eingestellt werden. Dies ist erforderlich, damit die interne Verarbeitung und Optimierung der Drehbewegungen korrekt funktioniert. Nach außen hin werden nur Werte zwischen 0 und 360° angezeigt. Außerhalb des Materials (PenUp) und bei Eilgang (G0) wird immer der kürzeste Weg gefahren, d.h. eine Drehbewegung von 45° nach 270° dreht im Uhrzeigersinn von 45° nach 0° und weiter zu -90°, was äquivalent mit 270° ist.

2.4 Abbrems- und Absetzautomatik

Die Steuerung führt eine automatische Bewegungsablaufoptimierung durch und fährt zusammenhängende Linienzüge wenn möglich in einem Stück durch. Sogenannte „Polylinien“ können aus beliebig vielen zusammenhängenden Linien- und Kreisbogensegmenten bestehen. Polylinien werden entweder durch PenUp/Down und sonstige Spezialbefehle unterbrochen, oder dadurch, daß der Knickwinkel an der Ecke zwischen zwei Liniensegmenten einen festgesetzten Grenzwert überschreitet.

Es wird zwischen Abbremsen und Absetzen unterschieden. Wenn der Winkel noch unter dem für das Messer zulässigen Wert (Parameter „maxBendAngle“) liegt, die durch den Knick hervorgerufene Beschleunigung aber die Positionierantriebe der X- und Y-Antriebe überfordert (Parameter „maxJumpVel“), dann wird nur abgebremst und nach dem Knick wieder beschleunigt, ohne das Messer abzusetzen. Wird der zulässige Grenzwinkel überschritten, dann wird zuerst abgebremst, das Messer abgesetzt (PenUp), die C-Achse auf den neuen Winkel gedreht, und danach das Messer wieder eingestochen (PenDown) und beschleunigt.

Beachten Sie bitte, daß die Entscheidung (Abbremsen oder nicht) bei „maxJumpVel“ (max. Geschwindigkeitssprung) auch abhängig von der momentanen Bearbeitungsgeschwindigkeit (F) ist. Bei kleinerer Geschwindigkeit sind größere Knickwinkel zulässig und umgekehrt. „maxJumpVel“ gibt den maximalen Betrag der Differenz der Geschwindigkeitsvektoren vor und nach dem Knick an. Bei „maxBendAngle“ ist die Entscheidung (Absetzen oder nicht) dagegen unabhängig von der Bearbeitungsgeschwindigkeit.

2.5 Ansteuerung von Hubmechanismen

Falls keine „richtige“ Z-Achse mit Schritt- oder Servomotor-Positionierantrieb sondern ein Hubmechanismus mit Pneumatikzylinder, Hubmagnet o.ä. oder eine Z-Achse mit externer Höhen- oder Anpressdruckregelung vorhanden ist, sollte dafür der Ausgang verwendet werden, der bei Fräsmaschinen für die Kühlmittelpumpe vorgesehen ist. Hierdurch bleibt der Relaisausgang für die Werkzeugspindel z.B. für einen oszillierenden Messerantrieb oder die Ansteuerung eines Umrüstbaren Laser- oder Wasserstrahlschneidkopfes frei.

Mit dem Parameter „pumpRel“ kann die Nummer des Ausgangs zum Aktivieren des Hubmechanismus festgesetzt werden. Nr. 11 ist der interne Ausgang der BEAMICON V3, Nr. 100 bis 107 sind die Ausgänge der BEAMICON V5 oder des ersten Erweiterungsmoduls.

Der Parameter „pumpDelay“ gibt die Verzögerungszeit an, die gewartet wird, bevor nach Aktivieren des Hubmechanismus (PenDown) weitergefahren wird. Im Gegensatz zur Kühlmittelpumpe wird bei aktiver Tangentialmesser-Option auch beim Deaktivieren (PenUp) gewartet. Bei externer Z-Regelung kann auch auf ein externes Signal (Endstellung erreicht) gewartet werden. Dies kann durch Unterprogramme (redefinierbare Befehle, siehe Kapitel Programmierung) realisiert werden.

3 Programmierung

Die Programmierung erfolgt wie bei Fräsmaschinen auch im G-Code nach DIN/ISO. Es sind jedoch einige Besonderheiten zu beachten. Wie bereits erwähnt, sollten nur sogenannte 2,5D-Programme benutzt werden, d.h. X-, Y- und Z-Achse sollten nicht alle gleichzeitig bewegt werden, sondern nur entweder X- und Y (Z steht still) oder Z alleine (X und Y stehen still). Kreisbögen sollten nur in der XY-Ebene gefahren werden und Helixinterpolation ist nicht erlaubt.

Die C-Achse braucht normalerweise überhaupt nicht im Programm angegeben werden, da sie während der Bearbeitung automatisch in die richtige Richtung (tangential) gedreht wird. Wird trotzdem „C“ im Programm verwendet, wird die Automatik umgangen, und die C-Achse direkt auf den angegebenen Wert positioniert. Da hierbei Werkstück und Messer beschädigt werden können, empfiehlt es sich, dies nur in speziellen Fällen einzusetzen, um etwa am Ende des Programms oder für einen Messerwechsel die C-Achse in eine definierte Position zu fahren.

3.1 Pen-Up und -Down

Obwohl die Steuerung weiterhin zuläßt, die Z-Achse explizit anzusteuern, d.h. auf eine beliebige Höhe zu fahren (falls eine „richtige“ Z-Achse mit Positionierantrieb überhaupt vorhanden ist), sollte auch dies nur in Ausnahmefällen gemacht werden. Normalerweise gibt es bei Schneidplottern nur zwei relevante Stellungen der Z-Achse: Oben (PenUp) und Unten (PenDown). Da im Gegensatz zu HPGL im G-Code keine extra PenUp/Down-Befehle vorhanden sind, wurde M8 (PenDown) und M9 (PenUp) dafür vorgesehen (Kühlmittelpumpe wird beim Schneidplotter nicht benötigt). M3 und M5 bleibt für einen optionalen oszillierenden Messerantrieb oder Laser- und Wasserstrahlschneidaggregate reserviert.

Die M8- und M9-Befehle sind auch deshalb erforderlich, weil die Steuerung sonst bei der Absetz-Automatik nicht weiß, ob und wie weit die Z-Achse bewegt werden muß, um das Messer auszuziehen und später wieder einzustecken.

a) Hubmechanismus

Bei dieser Variante wird das Einstechen und ausziehen des Messers mit einem Pneumatikzylinder, einem Hubmagnet oder ähnlichem Aktor ausgeführt. Die Ansteuerung erfolgt über den Ausgang, an dem sonst das Relais für die Kühlmittelpumpe angeschlossen wird. Wenn die Reaktionszeit des Aktors konstant ist (Parameter „pumpDelay“), sind keine speziellen Maßnahmen zu treffen. M8 (PenDown) schaltet den Ausgang ein, M9 (PenUp) oder ein Programmabbruch schaltet ihn aus.

b) Z-Achse mit Positionierantrieb

Wenn eine „richtige“ Z-Achse mit Positionierantrieb vorhanden ist, muß der Steuerung mitgeteilt werden, was im Falle eines M8- bzw. M9-Aufrufs zu tun ist. Dies geschieht, indem sogenannte „Macros“ (spezielle Unterprogramme) angelegt werden (Siehe auch Benutzerhandbuch, Kapitel „Redefinierbare Befehle“). Die Macros müssen den Dateinamen „M8.txt“ und „M9.txt“ besitzen, und mit dem „Upload Macro“-Befehl im Terminalprogramm oder mit der Option „Upload to actual path“ im Browser mit Zielverzeichnis „./rom/macros“ an die Steuerung übertragen werden.

Die gewünschte Einstechtiefe kann mit Variablen (z.B. „I“, „J“ oder „P0“ bis „P9“) übergeben werden, oder über die Nullpunktspeicher festgelegt werden. Beispiel:

```
M8.txt (PenDown-Macro für Tangentialmesser-Schneidplotter)
%
G54 (Nullpunkt für Werkstückoberfläche)
G0 Z-10 (10mm relativ zum Nullpunkt einstechen)
M99 (zurück in's Hauptprogramm)
```

Es sei angemerkt, daß die X- und Y-Koordinaten des G54-Nullpunkts in diesem Fall keine Rolle spielen, da nur die Z-Achse bewegt wird. Bei der Rückkehr in das Hauptprogramm wird automatisch der zuletzt aktive Nullpunkt reaktiviert. Wenn anstatt der konstanten (-10mm) eine variable Einstechtiefe gewünscht wird, etwa zum wahlweisen Anritzen oder Durchschneiden, kann auch „G0 Z=P0“ geschrieben werden¹. Das Hauptprogramm muß dann mindestens einmal am Anfang oder auch bei jedem Aufruf von M8 die Variable P0 setzen (z.B. P0=-10).

Abweichend von obigem Beispiel können innerhalb der Macros natürlich auch beliebige Ausgänge geschaltet werden (z.B. M101=1), Eingänge abgefragt werden (IF THEN), Verzögerungen eingefügt werden (G4). Nur eines sollte man unter *keinen Umständen* tun: X- oder Y-Achse bewegen. Dies kann abhängig von der Bewegungsrichtung erneute automatische PenUp- oder Down-Befehle auslösen, was zu unerlaubten Rekursionen führt.

¹ Softwarelizenz für Formeln (OPT-FU) Voraussetzung