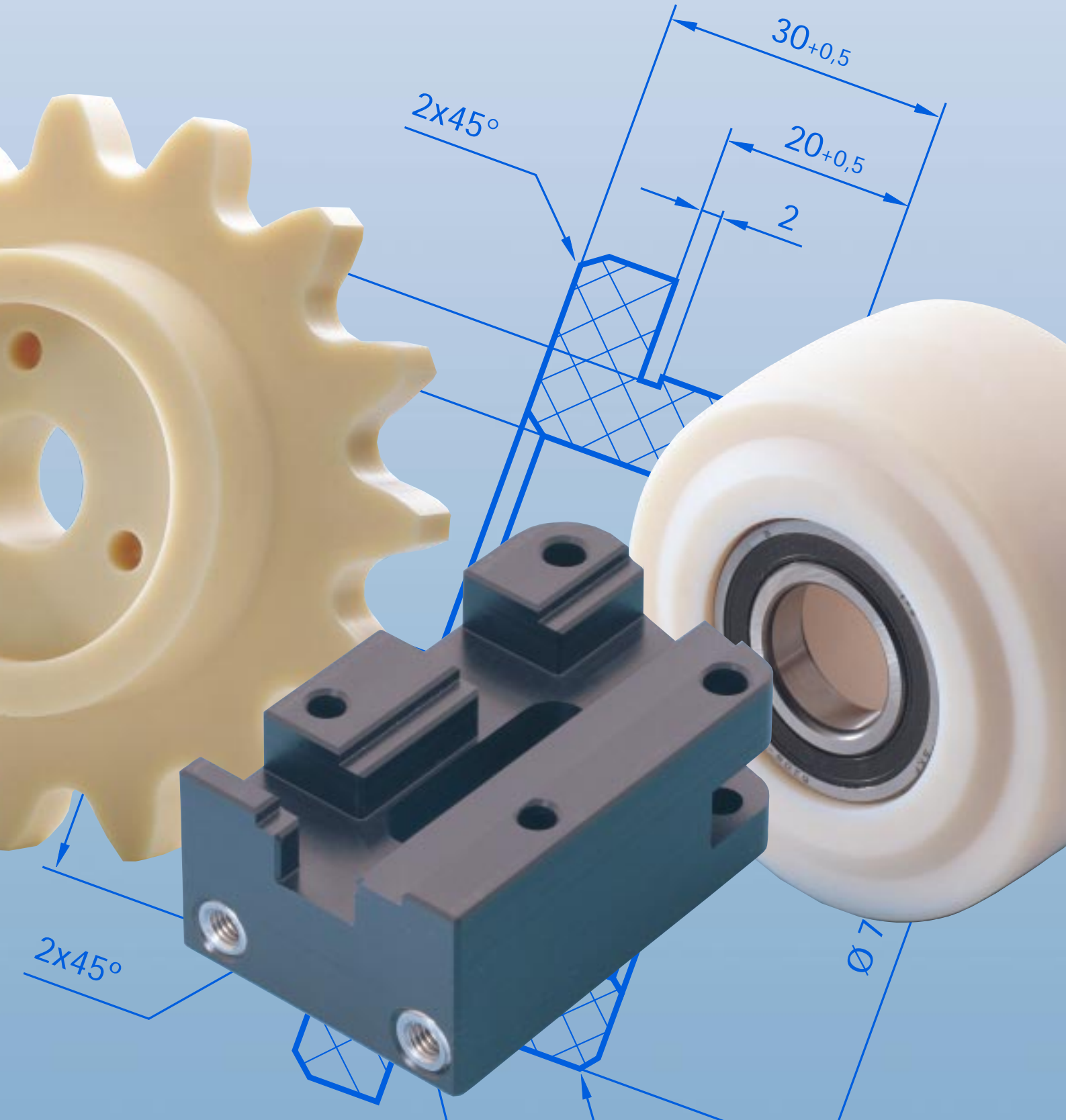
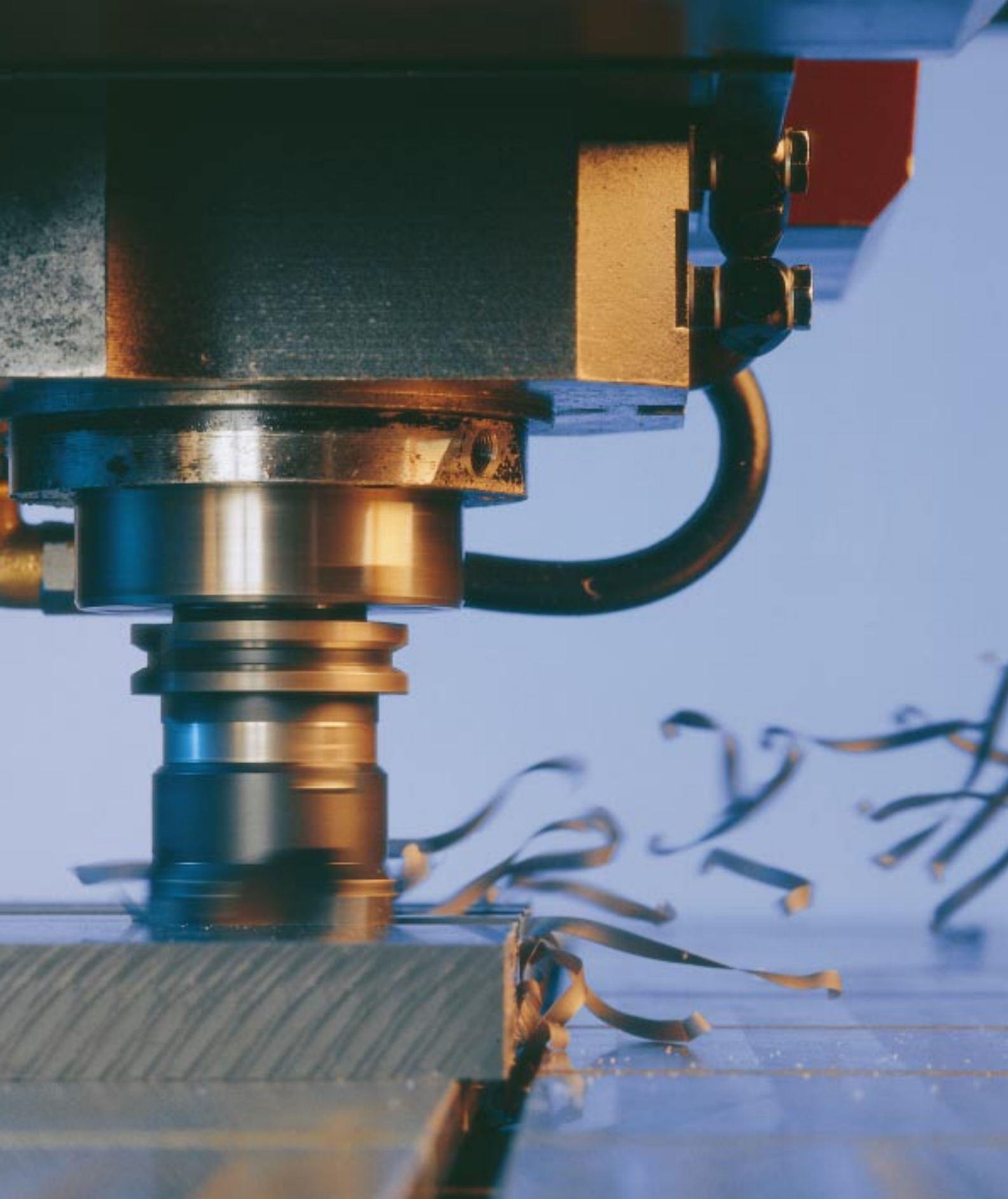


Konstruieren mit technischen Kunststoffen





Bearbeitungsrichtlinien

1. Spangebende Bearbeitung von thermoplastischen Kunststoffen

Mit der zunehmenden Vielfalt von technischen Kunststoffen und den daraus resultierenden Einsatzmöglichkeiten öffnen sich für den Konstrukteur neue Horizonte, die ihm mit den üblichen Werkstoffen verschlossen blieben. Oft ist, neben den Werkstoffgrenzen, nur das Herstellungsverfahren als Grenze der gestalterischen Möglichkeiten zu sehen. Insbesondere dann, wenn großvolumige Konstruktionsteile aus Guss-Polyamiden und Polyacetal (POM) oder Polyethylenterephthalat (PET) benötigt werden, können Herstellungsverfahren wie z.B. Spritzguss nicht eingesetzt werden. Dies gilt ebenso für komplexe Funktionsträger, die eine allseitige Bearbeitung mit engen Toleranzen erfordern.

Hier hat sich die spanabhebende Herstellung als vorteilhaft erwiesen. Sowohl hochpräzise Funktionsträger als auch großvolumige Konstruktionsteile lassen sich in kleinen und mittleren Losgrößen besonders wirtschaftlich durch spanabhebende Bearbeitung herstellen.

Für die Herstellung von qualitativ hochwertigen Produkten sind bei der Auswahl von Maschinen und Werkzeugen sowie deren Einsatz einige spezifische Eigenschaften der Kunststoffe zu berücksichtigen.

Abb. 1: komplexes Funktionsteil aus POM



1.1 Bearbeitungsmaschinen/-werkzeuge

Für die spanabhebende Bearbeitung sind keine besonderen Maschinen oder Verfahren notwendig. Es können die in der Holz- und Metallbearbeitung üblichen Maschinen mit Werkzeugen aus HSS (Hochleistungs-Schnellschnittstahl) oder Hartmetall-Werkzeuge verwendet werden. Lediglich für die Bearbeitung der Kunststoffe mit der Kreissäge empfiehlt sich grundsätzlich der Einsatz von hartmetallbestückten Sägeblättern.

Eine Besonderheit stellt die Gruppe der glasfaserverstärkten Kunststoffe dar. Eine Bearbeitung mit hartmetallbestückten Werkzeugen ist zwar möglich, jedoch können aufgrund der niedrigen Standzeiten der Werkzeuge nur schwer wirtschaftliche Ergebnisse erzielt werden. Hier empfiehlt sich die Verwendung von diamantbestückten Werkzeugen, die zwar wesentlich teurer als herkömmliche Werkzeuge sind, aber erheblich längere Standzeiten aufweisen.

1.2 Bearbeiten und Spannen des Werkstücks

Kunststoffe haben im Vergleich zu metallischen Werkstoffen ein geringes Wärmeableitvermögen sowie einen niedrigen E-Modul. Durch unsachgemäße Bearbeitung kann es zu starker Erwärmung des Werkstücks und damit zu Wärmedehnung kommen. Hohe Spanndrücke und stumpfe Werkzeuge erzeugen Verformungen des Werkstücks während der Bearbeitung. Maß- und Formabweichungen über den Toleranzbereich hinaus sind die Konsequenz.

Zufriedenstellende Arbeitsergebnisse können also nur erzielt werden, wenn bei der Zerspannung von Kunststoffen einige werkstoffspezifische Richtlinien beachtet werden.

Im Einzelnen bedeutet das:

- Es sollten möglichst hohe Schnittgeschwindigkeiten angestrebt werden.
- Eine optimale Spanabfuhr muss gewährleistet sein, damit ein Einziehen der Späne durch das Werkzeug vermieden wird.
- Die verwendeten Werkzeuge müssen absolut scharf geschliffene Schneiden aufweisen. Stumpfe Schneiden können zu starker Erwärmung führen, was Verzug und Wärmedehnung zur Folge haben kann.

- Die Spanndrücke dürfen nicht zu hoch sein, da sonst Deformationen des Werkstücks und Abdrücke der Spannwerkzeuge im Werkstück die Folge sind.
- Aufgrund der geringen Steifigkeit muss das Werkstück auf dem Maschinentisch ausreichend unterstützt werden und möglichst vollflächig aufliegen.
- Einwandfreie, hochwertige Oberflächen lassen sich nur durch vibrationsarmen Maschinenlauf realisieren.

Unter Beachtung dieser Richtlinien sind auch enge, kunststoffgerechte Toleranzen mit hoher Wiederholgenauigkeit ohne Schwierigkeiten realisierbar.

1.3 Kühlung während der Bearbeitung

Im Allgemeinen ist eine Kühlung während der Bearbeitung nicht unbedingt notwendig. Soll gekühlt werden, empfiehlt sich die Verwendung von Pressluft. Diese hat den Vorteil, dass neben dem Kühleffekt gleichzeitig der Span aus dem Arbeitsbereich entfernt wird und ein Einziehen des Spans in, bzw. ein Umlaufen des Spans um das Werkzeug verhindert wird.

Handelsübliche Bohremulsionen können ebenfalls zur Kühlung verwendet werden und sind besonders für das Einbringen von tiefen Bohrungen und das Gewindeschneiden zu empfehlen. Darüber hinaus lassen sich höhere Vorschübe und damit geringere Laufzeiten erzielen.

Bei der Verwendung von Bohremulsionen ist jedoch darauf zu achten, dass diese nach der Bearbeitung rückstandslos entfernt wird. So wird verhindert, dass deren ölhaltige Bestandteile etwaige Folgearbeitsgänge wie z.B. Verkleben oder Lackieren behindern und speziell bei Polyamiden die Wasseranteile zu Veränderungen der Bauteile durch Feuchteaufnahme führen.

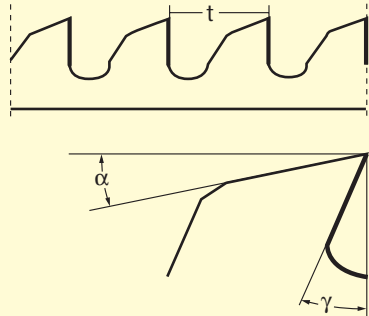
2. Kennwerte für die einzelnen Bearbeitungsverfahren

2.1 Sägen

Kunststoffe können gleichermaßen mit der Band- oder Kreissäge gesägt werden. Die Auswahl richtet sich nach der Form des Halbzeugs. Der Einsatz einer Bandsäge bietet sich insbesondere bei der Verwendung einer "Auflagekehle" (Prisma) für den Zuschnitt von Vollstäben und Rohren an und birgt den Vorteil, dass die entstehende Barbeitungswärme durch das lange Sägeblatt gut abgeführt wird. Es muss jedoch auf eine ausreichende Schränkung des Blattes geachtet werden, damit ein Klemmen des Blattes verhindert wird.

Kreissägen kommen hingegen hauptsächlich für den Zuschnitt von Tafeln und Blöcken mit geraden Schnittkanten in Betracht. Hierbei ist zu beachten, dass mit ausreichenden Vorschüben gearbeitet wird, damit die Spanabfuhr gewährleistet ist und ein Klemmen des Sägeblatts sowie eine Überhitzung des Kunststoffs im Sägeschnitt verhindert wird. Die Tabelle 1 enthält Richtwerte für die Schneidengeometrie der Sägeblätter.

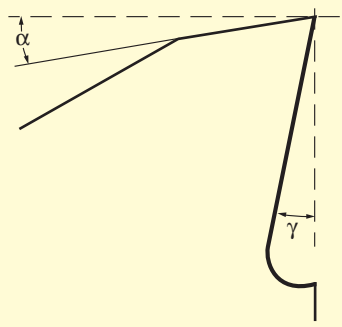
Tabelle 1: Werkzeuggeometrie für Sägeblätter

	PA, PE, POM, PET, PVDF, PVC	
	Bandsäge	Kreissäge
α = Freiwinkel (°)	30 - 40	10 - 15
γ = Spanwinkel (°)	0 - 8	0 - 10
v = Schnittgeschw. m/min	200 - 1000	1000 - 3500
t = Zähnezah	3 - 5 pro Zoll	24 - 80

2.2 Fräsen

Die Fräsbearbeitung auf den üblichen Bearbeitungszentren ist unproblematisch. Mit hohen Schnittgeschwindigkeiten und unter mittleren Vorschüben lassen sich hohe Zerspanleistungen bei gleichzeitig guter Oberflächenqualität und Genauigkeit erzielen. Hinsichtlich der Schneidengeometrie empfehlen wir die in Tabelle 2 enthaltenen Werte

Tabelle 2: Werkzeuggeometrie für Fräser

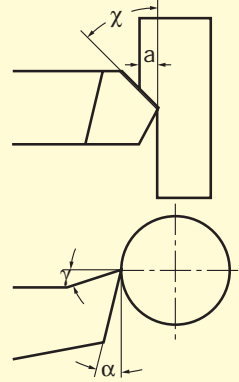


	PA, PE,	PTFE	POM, PET PVDF, PVC
α = Freiwinkel (°)	5 - 15	10 - 15	5 - 10
γ = Spanwinkel (°)	0 - 15	15 - 20	0 - 10
v = Schnittgeschw. m/min	bis 1000	bis 600	bis 1000
s_2 = Vorschub/Zahn	bis 0,5	bis 0,5	bis 0,5
Drallwinkel in °	0 - 40	0 - 40	0 - 40

2.3 Drehen

Da bei den meisten Kunststoffen ein Fließspan entsteht, ist auf eine besonders gute Abfuhr der Späne zu achten, da sich diese sonst einklemmen und mit dem Drehteil umlaufen. Des Weiteren ist aufgrund der geringeren Steifigkeit der Kunststoffe bei längeren Teilen die Gefahr des Durchhangs groß und deshalb die Verwendung einer Lünette ratsam. Für die Schneidengeometrie gelten die Werte der Tabelle 3

Tabelle 3: Werkzeuggeometrie für Drehstähle



	PA, PE	PTFE	POM, PET PVDF, PVC
α = Freiwinkel (°)	5 - 15	10 - 15	5 - 10
γ = Spanwinkel (°)	0 - 10	15 - 20	0 - 5
χ = Einstellwinkel (°)	0 - 45	0 - 45	0 - 45
v = Schnittgeschw. m/min	200 - 500	100 - 300	200 - 500
s = Vorschub mm/U	0,05 - 0,5	0,05 - 0,3	0,05 - 0,5
a = Spantiefe mm	bis 15	bis 15	bis 15
Der Spitzenradius r soll mindestens 0,5 mm betragen.			

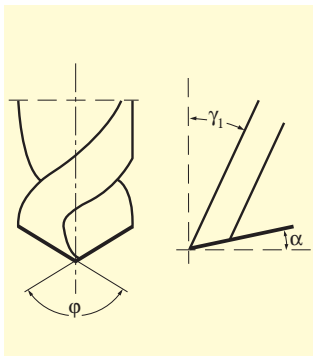
2.4 Bohren

Bohrungen können mit einem handelsüblichen HSS-Bohrer hergestellt werden. Bei der Herstellung von tiefen Bohrungen ist darauf zu achten, dass für eine gute Spanabfuhr gesorgt ist, da es sonst an der Bohrungswand zur Erwärmung des Kunststoffs bis zur Schmelztemperatur kommen kann und der Bohrer „schmiert“. Dies gilt insbesondere für tiefe Bohrungen.

Für Bohrungen in dünnwandige Werkstücke empfiehlt sich die Wahl einer hohen Schnittgeschwindigkeit und ggf. eines neutralen (0°) Spanwinkels. So wird ein Einhaken des Bohrers in das Werkstück und das damit verbundene Ausreißen der Bohrung bzw. Hochziehen des Werkstücks am Bohrer vermieden.

In Tabelle 4 sind die empfohlenen Werte für die Bohrerschneidengeometrie dargestellt.

Tabelle 4: Werkzeuggeometrie für Bohrer



	PA, PE	PTFE	POM, PET PVDF, PVC
α = Freiwinkel (°)	10 - 15	10 - 15	5 - 10
γ^1 = Spanwinkel (°)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
φ = Spitzwinkel (°)	60 - 90	130	60 - 90
v = Schnittgeschw. m/min	50 - 100	100 - 300	50 - 100
s = Vorschub mm/U	0,1 - 0,5	0,1 - 0,3	0,1 - 0,3
Der Drallwinkel des Bohrers soll ca. 12 - 16° sein			

2.5 Bohren großer Durchmesser in Rundstababschnitten

Beim Bohren entstehen an den Bohrerschneiden speziell bei hochkristallinen Werkstoffen wie PA 6 G hohe Temperaturen, die aufgrund der guten Isoliereigenschaften der Kunststoffe nicht ausreichend abgeführt werden können. Die Wärme führt zu einer inneren Dehnung des Werkstoffs, was Druckspannungen im Inneren des Stababschnitts hervorruft. Diese können so hoch werden, dass es zum Reißen und Auseinanderplatzen des Rohlings kommt.

Dies kann durch werkstoffgerechte Bearbeitung weitgehend vermieden werden.

Es empfiehlt sich, eine Vorbohrung anzubringen und die Fertigbearbeitung mit einem Innendrehmeißel auszuführen. Vorbohrungen sollten dabei einen Durchmesser von > 35 mm haben.

Bohrungen in langen Stababschnitten dürfen dabei nur von einer Seite her eingebracht werden, da sich sonst beim Aufeinandertreffen der Bohrungen in der Mitte des Rohlings ein ungünstiges Spannungsverhältnis ergibt, welches das Reißen des Stababschnitts begünstigt.

In extremen Fällen kann es notwendig sein, den Rohling auf ca. 120 - 150 °C zu erwärmen und die Vorbohrung in diesem Zustand anzubringen. Die Fertigbearbeitung kann dann nach dem vollständigen Abkühlen und Erreichen eines gleichmäßigen Temperaturniveaus innerhalb des Rohlings erfolgen.

Werden die vorstehenden Bearbeitungsrichtlinien beachtet, ist die Herstellung komplexer Produkte aus technischen Kunststoffen mit spangebenden Verfahren auch bei höchsten Qualitätsanforderungen an Genauigkeit und Funktionalität ohne Weiteres möglich.

Hinweise zum Gebrauch

Alle Berechnungen, Ausführungen sowie technischen Angaben dienen nur zur Information und Beratung und entbinden nicht von der eigenen Prüfung hinsichtlich der Eignung der Werkstoffe für konkrete Anwendungsfälle. Aus dem Inhalt dieser Arbeitsunterlage können keine rechtsverbindlichen Zusicherungen von Eigenschaften und / oder Ergebnissen aus den Berechnungen abgeleitet werden. Die angegebenen Werkstoffkennwerte sind nicht als verbindliche Mindestwerte sondern als Richtwerte zu verstehen und wurden, wenn nicht ausdrücklich anders angegeben, mit genormten Prüfkörpern bei Raumtemperatur und 50 % relativer Luftfeuchte ermittelt. Die Entscheidung, welcher Werkstoff für einen konkreten Anwendungsfall verwendet wird, sowie die Verantwortung für die daraus hergestellten Teile obliegen dem Kunden. Wir empfehlen daher vor dem Serieneinsatz einen Eignungsnachweis durch einen praktischen Versuch.

Irrtümer und Änderungen hinsichtlich des Inhalts der Arbeitsunterlage bleiben ausdrücklich vorbehalten.

Die jeweils aktuelle Version, in der alle Änderungen und Ergänzungen berücksichtigt sind, erhalten Sie als PDF-Download im Internet unter www.licharz.de.

© Copyright by Licharz GmbH, Deutschland

Für weitere Informationen stehen zusätzliche Unterlagen zu Verfügung.
Bitte fordern Sie an:

- Lieferprogramm Halbzeuge
- Info „Fertigungsspektrum Konstruktionsteile“

Licharz GmbH
Industriepark Nord
D-53567 Buchholz
Telefon: ++49 (0) 26 83 - 977 0
Telefax: +049 (0) 26 83 - 977 111
Internet: www.licharz.de
E-Mail: info@licharz.de

