



PROTOCOLABS
Manufacturing. Accelerated.

CNC-BEARBEITUNG: ENTWURFSOPTIMIERUNG

Überlegungen zu Design und Werkstoffen für schnellere CNC-Bearbeitung



Inhalt

- 02 Rundgang durch die Fertigung
- 03 Optimierung des Teiledesigns für die spanende Bearbeitung
- 06 Ermittlung des richtigen Werkstoffs für die spanende Bearbeitung
- 08 5 Punkte, die bei der Wahl eines digitalen Zerspanungsdienstleisters zu beachten sind

DAS ENDE DER SPANENDEN BEARBEITUNG? WOHL KAUM.

Auch wenn der 3D-Druck im Fertigungssektor die meisten Schlagzeilen macht, **hat sich die CNC-Bearbeitung als Dauerbrenner etabliert.**

Wahrscheinlich lesen Sie dies an einem Computer. Das haben Sie einem Zerspanungsmechaniker zu verdanken. Ohne Präzisionsmaschinen und ihre Bediener würde es Ihren Computer, Schreibtisch, Bürostuhl, die Autos auf dem Parkplatz und das Gebäude, in dem Sie sitzen, überhaupt nicht geben. Zerspanungstechnik macht das moderne Leben erst möglich, von den Lebensmitteln im Kühlschrank bis zu der Kleidung, die Sie tragen. Das ist schon seit der Entdeckung von Metallen wie Kupfer und Eisen und der Entwicklung von Verfahren zu ihrer Veredelung so.

Zwar ist es richtig, dass die **Zerspanung** nur eines von vielen in der Industrie eingesetzten Fertigungsverfahren ist, doch hätten sich Blechverarbeitung, Spritzguss, Gießen, Halbleiterfertigung und andere Industriezweige ohne spanende Bearbeitung wohl kaum entwickelt. Auch der jüngste Sprössling der Fertigungsindustrie, der 3D-Druck, stützt sich auf die Zerspanungstechnik und verdankt ihr sogar ihre Existenz, auch wenn die additive Fertigung einen Wandel in Design und Bauweise vieler Produkte mit sich bringt. Die spanende Bearbeitung wird es also auch weiterhin geben, und sie wird jeden Tag etwas besser, schneller und präziser.



Rundgang durch die Fertigung

Das meiste von dem, was Sie auf diesen Seiten lesen werden, bezieht sich auf stark automatisierte Zerspanungsdienste, die von digitalen Fertigungsunternehmen wie Protolabs angeboten werden. Diese mit modernster Technologie ausgestatteten Fertigungsunternehmen unterscheiden sich stark von herkömmlichen Zerspanungs-Werkstätten, die arbeitsintensiver sind und immer noch manuelle Werkzeugmaschinen einsetzen. Digitale Fertigungsunternehmen wie Protolabs dagegen stellen wie nie zuvor auf Automatisierung um. So hat Protolabs zum Beispiel eine eigene Technologie entwickelt, die CAD-Modelle schon innerhalb eines Tages in maschinenbearbeitete Teile und Produkte verwandelt, und sich mit Hunderten von Fräs- und Drehmaschinen eine hohe Kapazität aufgebaut, die dafür sorgt, dass die Teile schnell, pünktlich und im Rahmen des Budgets geliefert werden.

Werfen wir nun einen kurzen Blick auf Präzisions-Werkzeugmaschinen und darauf, wie spanende Fertigungsverfahren funktionieren und wie dies mit dem Teiledesign zusammenhängt. Es würde diesen Rahmen sprengen, die gesamte Geschichte der Werkzeugmaschinen aufzurollen und auf Sägen, Schleif-, Funkenerodier- und verwandte Maschinen im Einzelnen einzugehen, doch sollten alle Teiledesigner wissen, dass sich die meisten Maschinen für die spanende Metallbearbeitung (die übrigens auch Kunststoff bearbeiten können) grob in Fräs- und Drehmaschinen unterteilen lassen.

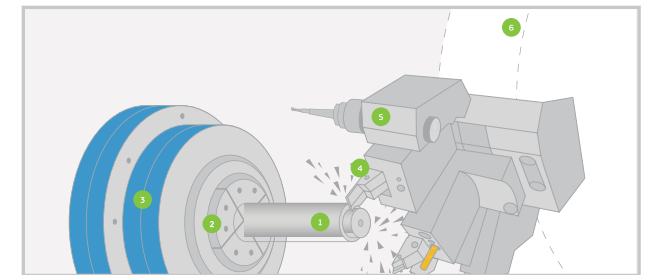
Bei beiden Kategorien handelt es sich um technisch raffinierte Maschinen. Doch während beim Drehen das Werkstück in das Drehfutter eingespannt ist und rotiert, rotiert bei der Fräsmaschine das Schneidwerkzeug, und das Werkstück ist unbeweglich in einen Schraubstock oder eine andere Vorrichtung eingespannt.

Außerdem ist zu erwähnen, dass auch noch manuell bediente handgekurbelte Werkzeugmaschinen gibt. Die meisten heute eingesetzten Werkzeugmaschinen sind jedoch wie bei Protolabs CNC-gesteuert. Und um solche Maschinen geht es auf den folgenden Seiten in erster Linie.

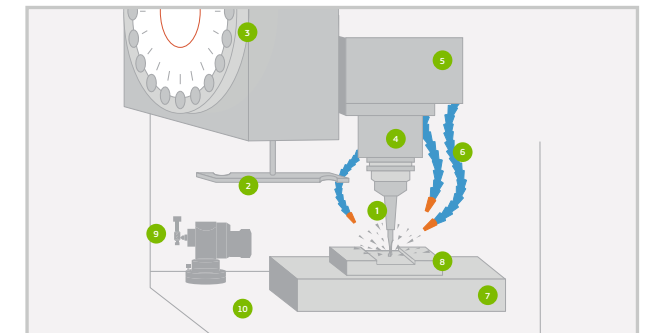
Trotz der grundlegenden Unterschiede gibt es zwischen CNC-Fräsmaschinen – meist als CNC-Bearbeitungszentren bezeichnet – und CNC-Drehmaschinen auch viele Ähnlichkeiten. Alle verfügen über mehrere Drehachsen, die die Schneidwerkzeuge um und durch das Werkstück führen und Material abtragen. Alle verwenden Bohrer oder Schaftfräser, um Löcher zu bohren, während Drehmaschinen mit Rillen- und Gewindeschneidern und anderen Drehwerkzeugen ausgestattet sind, verwenden Bearbeitungszentren Stirnfräser, Nutenfräser und andere rotierende Werkzeuge.

Viele Jahre lang bestand die Standardausstattung einer Maschinenwerkstatt aus Zwei-Achsen-CNC-Drehmaschinen und Drei-Achsen-Bearbeitungszentren. Manche waren horizontal, andere vertikal ausgerichtet, aber in der Regel wurden Werkstücke von beiden abwechselnd bearbeitet, bis alle spanenden Arbeitsgänge abgeschlossen waren. Doch dank einiger cleverer Maschinenbauer schwimmt die Grenze zwischen den beiden Maschinenarten in letzter Zeit immer mehr. So genannte Multitasking-Maschinen kombinieren eine Frässpindel und einen Werkzeugwechsler mit einem Revolverkopf wie bei einer **Drehmaschine (zur Aufnahme der Werkzeuge)**. Ähnlich kombinieren Fräsdrehmaschinen rotierende und feste Schneidwerkzeuge, und Bearbeitungszentren mit Drehfunktion finden zunehmend Verbreitung. Protolabs verwendet zum Beispiel Drehmaschinen mit angetriebenen Werkzeugen für Merkmale wie axiale und radiale Löcher, Abflachungen, Nuten und Schlitzte.

CNC-Bearbeitungszentren können auch über mehr als drei Achsen verfügen. Bei einer **Fünf-Achsen-Fräsmaschine** können sich beispielsweise alle fünf Achsen gleichzeitig bewegen. Das ist nützlich für Teile wie Impeller und Hüftimplantate. Und ein herkömmliches Drei-Achsen-Bearbeitungszentrum ist vielleicht mit einem schwenk- und/oder drehbaren Kopf ausgestattet. Diese „3+2“-Funktion ist ideal für die Bearbeitung mehrerer Seiten eines Werkstücks in einem Arbeitsgang. Werkzeugmaschinen gibt es in vielerlei Konfigurationen, und jede ist darauf ausgelegt, Bearbeitungsvorgänge zu reduzieren und die Flexibilität bei der Fertigung zu steigern.



Die Komponenten einer CNC-Drehmaschine sind: Werkstück (1), Spannzange (2), Spindel (3), Schneidwerkzeug und Werkzeughalter (4), angetriebene Werkzeuge (5) und Werkzeugrevolver (6).

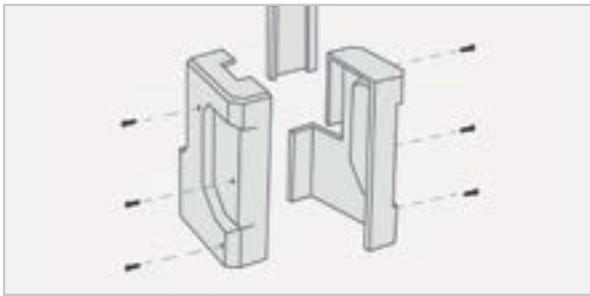


Die Komponenten einer CNC-Fräsmaschine sind: Schaftfräser und Werkzeughalter (1), Werkzeugwechsler (2), Werkzeugkarussell (3), Spindel (4), 2-Achsen-Fräskopf (5), Kühlschläuche (6), Vorrichtung (7), Werkstück (8), Messtaster (9), X- und Y-Achsen-Tisch (10).¹

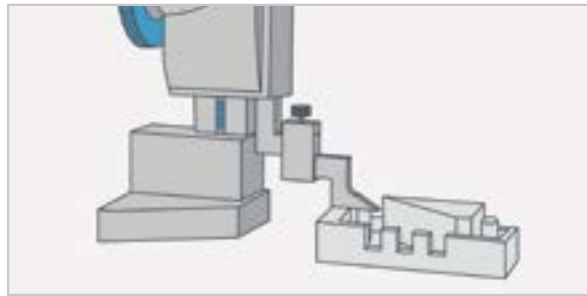
Optimierung des Teiledesigns für die spanende Bearbeitung

Wenn Sie mit dem Entwerfen von Fertigungsteilen Ihr Geld verdienen, fragen Sie sich vielleicht: Was geht mich das an? Solange ich meine Teile pünktlich erhalte, kann es mir doch egal sein, wie sie hergestellt werden, oder nicht? Nicht unbedingt. Genau so, wie ein grundlegendes Verständnis der Funktionsweise eines Autos erforderlich ist, um sicher am Ziel anzukommen, benötigen auch Teiledesigner ein angemessenes technisches Verständnis von Werkzeugmaschinen. Dieses Wissen ist besonders bei der Zusammenarbeit mit digital arbeitenden Teilelieferanten wie Protolabs wichtig, da sich der Bearbeitungsprozess durch Befolgung bestimmter Leitlinien beträchtlich beschleunigen lässt.

Diese Grundkenntnisse bilden eine gute Ausgangsbasis, aber alle, die nicht über praktische Erfahrung in der Programmierung und Bedienung einer Werkzeugmaschine verfügen, sind gut beraten, eng mit dem Teilelieferanten zusammenzuarbeiten. Stellen Sie etwa folgende Fragen: „Wie kann ich Teile so entwerfen, dass sie einfacher zu fertigen sind?“ Hier ein paar wichtige Überlegungen zur Optimierung des **Teileentwurfs für die spanende Bearbeitung**:

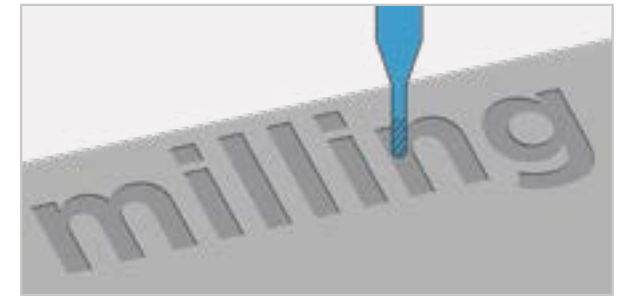


ENTWÜRFE SO EINFACH WIE MÖGLICH HALTEN. Einer der häufigsten Fehler, die selbst erfahrene Designtechniker und Produktentwickler machen, ist der, dass die Entwürfe zu kompliziert sind. Erwägen Sie, mehrteilige, facettenreiche „Superteile“ in einfacher Komponenten aufzuteilen, die zusammengeklebt oder -geschraubt werden können. Sofern sie keine bestimmte Funktion erfüllen, sind Sweep-Flächen zu vermeiden, da sie in der Regel eine längere und kostspieligere Bearbeitung mit einem Kugelfräser erfordern. Entwerfen Sie nach Möglichkeit Teile mit Merkmalen, die von einer Seite aus gefräst werden können. Dadurch lassen sich mehrere Arbeitsgänge und möglicherweise die Verwendung von speziellen Aufspanvorrichtungen oder kostspieligeren Fünf-Achsen Bearbeitungszentren oder solchen mit Schwenk-Dreh-Funktion (3+2) vermeiden.

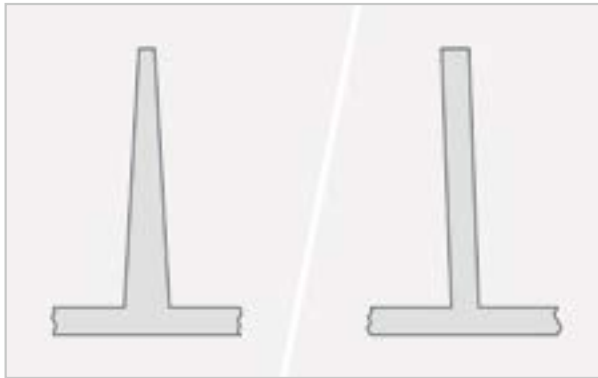


TEILETOLERANZEN NUR SO ENG WIE NÖTIG. Auch wird häufig der Fehler gemacht, die Teiletoleranzen zu eng festzulegen. Wenn knappere Toleranzen als wirklich erforderlich vorgegeben werden, müssen Zerspanungsmechaniker vielleicht das Programm für das Teil ändern, ein spezielles Schneidwerkzeug verwenden oder gegebenenfalls eine Nachbearbeitung vornehmen, um die Vorgaben einzuhalten. Wenn irgendwie möglich ist es besser, sich an die auf der Zeichnung notierten Standard-„Blocktoleranzen“ zu halten oder den Fertigungspartner um Rat zu fragen.

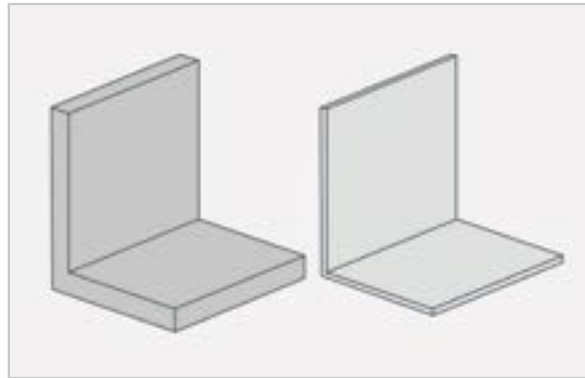
Erwägen Sie, mehrteilige, facettenreiche Teile (oben links) in einfacher Komponenten aufzuteilen, die zusammengeschaubt werden können. Außerdem ist es in der Regel besser, sich an Standard-„Blocktoleranzen“ zu halten, als genauere Toleranzen als absolut notwendig vorzugeben (oben links). Überlegen Sie auch genau, ob eine kostspielige Beschriftung wirklich nötig ist (oben rechts).



BESCHRIFTUNG VERMEIDEN. **Eingefräste Beschriftungen** sehen echt cool aus. Damit lassen sich Teile mit Nummern, Beschreibungen und Firmenlogos versehen. Doch das Problem sind die Kosten. Jedes Zeichen muss mit einem sehr feinen Werkzeug nachgezogen werden, was außerordentlich zeitaufwendig ist. Und erhabene Beschriftung vergessen Sie am besten ganz, da hier alles abgetragen werden muss, was nicht zu einer Zahl oder einem Buchstaben gehört. Es gibt bessere Optionen, wie zum Beispiel Kennzeichnung mit Laser oder sogar Gummistempel und Tinte.

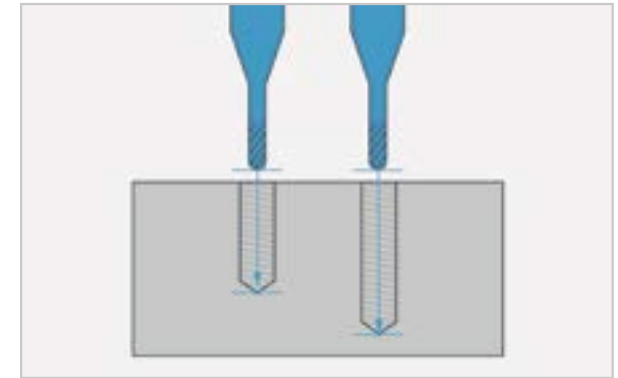


VORSICHT BEI HOHEN WÄNDEN UND SCHMALEN TASCHEN. Schneidwerkzeuge bestehen aus harten, steifen Materialien wie Wolframkarbid oder Schnellarbeitsstahl (HSS). Trotzdem können sie sich bei der Bearbeitung minimal biegen, ein Phänomen, das sich desto störender auswirkt, je weiter das Werkzeug aus dem Werkzeughalter ragt. Je nach Vorgang können Wolframschneider etwa um das Vierfache ihres Durchmessers herausragen, bei weichen Werkstücken vielleicht auch etwas mehr, während bei HSS-Werkzeugen schon beim zweifachen Durchmesser Probleme auftreten können. Dies führt zu Rattermarken (einer unschönen gewellten Oberfläche), Schwierigkeiten bei der Einhaltung von Toleranzen und Verkürzung der Werkzeugstandzeit. Was bedeutet das für Designer? Passen Sie auf bei tiefen, schmalen Taschen oder Merkmalen neben **hohen Wänden**, wo eine Verformung der Schneidwerkzeuge Schwierigkeiten für die Mechaniker bereiten könnte.

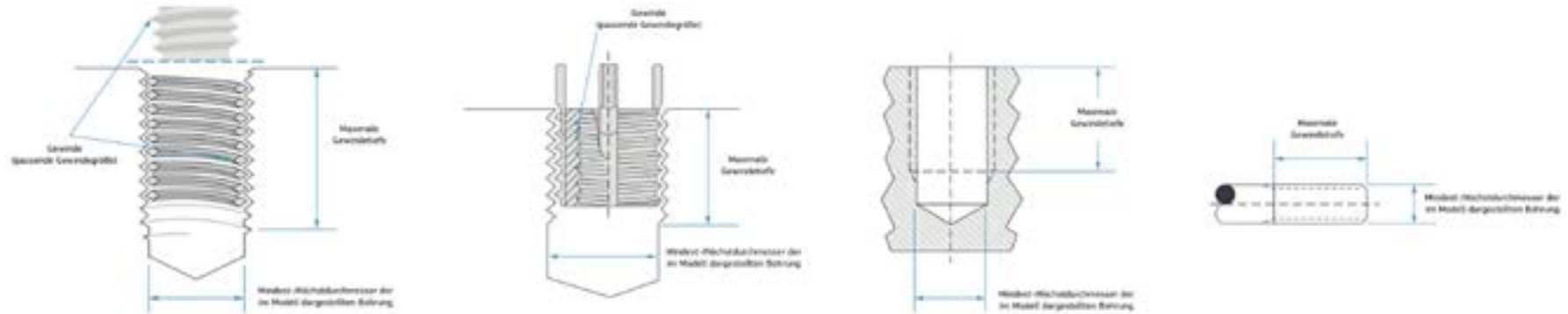


VORSICHT AUCH BEI DÜNNEN WÄNDEN. Ebenso kann es bei dünnwandigen Teilen zu Verformungen kommen, aber weil viele Werkstoffe längst nicht so steif sind wie die Bearbeitungswerkzeuge, sind die Regeln hier etwas strenger. Auch hier kommt es auf das Teilemerkmal und den Werkstoff an, aber als Faustregel gilt, dass Wände nicht mehr als doppelt so dick wie tief sein sollten. Wände, die dünner sind als ca. 0,5 mm, bereiten oft Probleme. Lassen Sie sich stets von Fachpersonal beraten.

Achten Sie beim Entwerfen von Teilen für die spanende Bearbeitung auf tiefe, schmale Taschen oder Merkmale neben hohen Wänden (oben links), denn hier könnte eine Verformung der Schneidwerkzeuge den Mechanikern Schwierigkeiten bereiten. Gehen Sie auch bei dünnwandigen Teilen (oben Mitte) vorsichtig vor, da auch hier Problem durch Verformung auftreten könnten. Außerdem kann das Bohren von Löchern und insbesondere tiefen Löchern problematisch sein. Die bei der Bearbeitung anfallenden Späne sind mit zunehmender Lochtiefe immer schwerer zu entfernen.



TIEFES BOHREN KANN SCHWIERIG SEIN. Das Bohren von **Löchern** ist der am häufigsten ausgeführte Zerspanungsvorgang. Es geschieht meist mit Bohrspitzen, die sich von den im Einzelhandel erhältlichen etwas unterscheiden. Bei tieferen Löchern (ab ca. dem Fünf- bis Sechsfachen des Bohrungsdurchmessers) wird es immer schwieriger, die Metallspäne zu entfernen. Wenn Sie für Ihr Produkt tiefe Löcher benötigen, sollten Sie Folgendes beachten: Je tiefer das Loch im Verhältnis zum Durchmesser, desto teurer wird das Teil.



ENTWURFSOPTIMIERUNG FÜR PRÄZISE GEWINDE

Auch das Einarbeiten von **Gewinden** in Zerspanungsteile ist nicht immer einfach. Innengewinde können mit einem Gewindebohrer, einem Schneidwerkzeug ähnlich der Schraube, für welche die Bohrung gedacht ist, oder einem als Gewindefräser bezeichneten Spezialwerkzeug angefertigt werden. In beiden Fällen treten bei tiefen Gewinden die gleichen Schwierigkeiten wie bei tiefen Löchern auf: Entfernung der Späne und beim Gewindefräsen auch radialer Schneiddruck. In den meisten Fällen bietet eine Gewindetiefe, die das Doppelte des Durchmessers beträgt, genügend Festigkeit und ist kostengünstiger. Reicht dies jedoch nicht aus, erwägen Sie vielleicht Heli-Coils oder andere Gewindeeinsätze, um einwandfreie Gewinde zu erhalten, besonders bei Kunststoffteilen. Und schließlich werden Gewindetoleranzen durch einen „H“-Grenzwert angegeben. Die gängigsten Werte sind H2 und H3. Letztere Toleranz ist enger und daher etwas kostspieliger in der Fertigung, am besten ist also die Vorgabe H2, solange es sich nicht um eine kritische Anwendung handelt.

BEHANDLUNG SCHARFER ECKEN

Bei der spanenden Bearbeitung **können sich auch Ecken als Problemstellen erweisen**. Nehmen wir als Beispiel ein Gehäuse für ein elektronisches Gerät. Auf einer Seite des Teils wird eine Tasche benötigt, die eine quadratische 50-mm-Leiterplatte aufnehmen soll. Wer mit der Zerspanungstechnik nicht vertraut ist, entwirft vielleicht eine Tasche mit rechtwinkligen Ecken, die nur geringfügig größer als die Leiterplatte selbst ist, um den nötigen Freiraum zu schaffen. Keine gute Idee. Die rechtwinkligen Ecken werden Sie teuer zu stehen kommen, da sie nur mit Funkenerosion (EDM) erzielt werden können, einem abtragenden Verfahren, das oft im Spritzguss und im Schnitt- und Stanzwerkzeugbau eingesetzt wird. Sofern es der Platz erlaubt, ist eine übergroße Tasche in Erwägung zu ziehen, sodass stattdessen ein Schaftfräser verwendet werden kann – in diesem Beispiel eignet sich vielleicht ein 12,7-mm-Werkzeug, was bedeutet, dass sein halber Durchmesser (6,35mm) auf allen Seiten der Leiterplatte plus der zum Einsetzen der Leiterplatte erforderliche Freiraum zugegeben wird. Eine andere Option wären Freistiche an allen vier Ecken. Damit erhält die Tasche

ein Kleeblatt- oder T-förmiges Aussehen, die Bearbeitung wird jedoch wesentlich einfacher.

Es gibt noch viel mehr zu bedenken. Genau wie tiefe Taschen bei Frästeilen zu vermeiden sind, können zu tiefe Nuten beim Drehen Probleme bereiten, und Gleiches gilt für lange, schlanke Wellen. Das Abrunden oder Abfräsen von Kanten bei Drehteilen ist kein Problem, erfordert jedoch bei Frästeilen einen zusätzlichen Bearbeitungsschritt. Und da wir schon mal beim Thema sind: Fragen Sie den Anbieter auch nach seiner bevorzugten Entgratungsmethode – manche arbeiten mit Schleifscheiben, während andere die Teile in Steintrommeln gleitschleifen oder mit winzigen Glasperlen oder Walnusschalengranulat bestrahlen. Jedes Verfahren hat seine Vorteile und Kosten und kann sich auf das Aussehen des fertigen Teils auswirken.

Auch präzise Gewinde (s. Abbildungen oben) bedürfen beim Design besonderer Überlegung. Tiefe Gewinde sind besonders problematisch, und zwar genauso wie tiefe Löcher wegen der Spanentfernung. Und beim Gewindefräsen auch wegen des radialen Schneiddrucks.

Ermittlung des richtigen Werkstoffs für die spanende Bearbeitung

Der Roh- oder Kunststoff, der zur Verarbeitung kommt, ist genau so wichtig wie die Fertigungsweise der Teile. Eine falsche Wahl könnte die Teilekosten unnötig aufblähen. Zum Beispiel ist die Superlegierung Titan, Favorit der Luft- und Raumfahrtindustrie, schwer zu zerspanen, und Teile aus diesem Werkstoff kosten höchstwahrscheinlich mehr als solche aus Aluminium oder Stahl. Das heißt? Entscheiden Sie sich nach Möglichkeit für ein kostengünstigeres Material.

Polyetheretherketon (PEEK), Superman der Polymere, kann Metall dank seiner Festigkeit in bestimmten Anwendungen ersetzen. Aber machen Sie sich darauf gefasst, dass es in der Regel fünfmal so viel kostet wie andere Hochleistungs-Thermoplaste. Weitere technische Gesichtspunkte, die bei der **Wahl eines geeigneten Werkstoffs** für eine bestimmte Anwendung helfen, sind Kennzahlen wie Zugfestigkeit, Wärmeformbeständigkeit und Härte insgesamt. Hier ein paar der **gängigsten Werkstoffe für die spanende Bearbeitung** und ihre Eigenschaften:



Aluminum: Wie von allen Metallen gibt es eine breite Palette an Aluminiumlegierungen, aber ein paar der gängigsten sind 6082-T6 (eine strukturelle Legierung) oder 7075-T6 (ein Favorit der Luft- und Raumfahrtindustrie). Beide sind leicht zu zerspanen und korrosionsbeständig und weisen ein hohes Festigkeits-Gewichts-Verhältnis auf. Aluminium eignet sich für Flugzeugteile, Computerkomponenten, Küchenartikel, architektonische Komponenten und einiges mehr (T-6 bezieht sich auf den Härtegrad des Aluminiums oder die Art und Weise, wie es im Werk verarbeitet wurde



Inconel: Inconel ist eine weitere wärmebeständige Superlegierung (HRSA) und eignet sich hervorragend für extreme Temperaturen oder korrodierende Umgebungen. Neben seiner Anwendung in Düsentriebwerken ist Inconel 625 und sein härterer, festerer Bruder Inconel 718 in Atomkraftwerken, auf Öl- und Gasbohrinseln, in Chemiewerken und anderen Bereichen zu finden. Beide lassen sich recht gut schweißen, sind jedoch teuer und noch weniger gut zu zerspanen als CoCr, sollten also gemieden werden, sofern sie nicht unbedingt erforderlich sind.



Kupfer: Das besonders weiche Buntmetall besitzt gute Umform-Eigenschaften und kommt in vielen Anwendungen zum Einsatz. Kupfer besitzt eine ausgezeichnete Leitfähigkeit für Wärme und Strom. Dabei eignet es sich zum Schweißen und erweist sich als korrosionsresistent. Es wirkt außerdem antimikrobiell. Mit seinen vielfältigen Eigenschaften findet es Verwendung in nahezu allen Bereichen der Fertigung, ganz besonders in der Elektrotechnik, Bauindustrie, Automotive oder Installation.



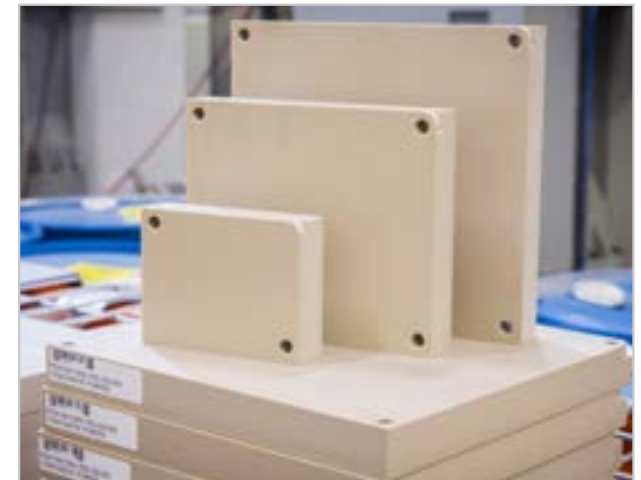
Edelstahl: Durch Zusatz von mindestens 10,5 Prozent Chrom, Reduzierung des Kohlenstoffanteil auf maximal 1,2 Prozent und Beimischung einiger Legierungselemente wie Nickel und Molybdän verwandeln Metallhersteller gewöhnliches, rostanfälliges Stahl in Edelstahl, den korrosionsbeständigen Alleskönner der Industrie. Bei Dutzenden von Härtegraden und Qualitätsklassen ist es jedoch nicht einfach, für einen gegebenen Anwendungsbereich die beste Option zu finden. Die austenitischen Edelstähle 304 und 316L zum Beispiel haben eine Kristallstruktur, aufgrund derer sie nicht magnetisch, nicht härtbar, duktil und recht zäh sind. Martensitische Edelstähle (z. B. 420) dagegen sind magnetisch und härtbar, wodurch sie sich gut für chirurgische Instrumente und verschiedene Verschleißteile eignen. Es gibt auch ferritische Edelstähle (die meisten gehören der 400er-Reihe an), Duplexstähle (Öl und Gas) und die ausscheidungsgehärteten rostfreien Stähle 15-5 PH und 17-4 PH, die sich beide durch hervorragende mechanische Eigenschaften auszeichnen. Die Zerspanbarkeit reicht von recht gut (416 SS) bis zu mäßig schwer (347 SS).

Stahl: Wie bei Edelstählen gibt es viel mehr Legierungen und Eigenschaften, als hier erwähnt werden können. Aber vier wichtige Gesichtspunkte sind:

- Stähle kosten in der Regel weniger als Edelstähle und Superlegierungen.
- Unter Einwirkung von Luft und Feuchtigkeit rosten alle Stähle.
- Die meisten Stahlsorten lassen sich recht gut zerspanen, mit Ausnahme bestimmter Werkzeugstähle.
- Je geringer der Kohlenstoffgehalt, desto härter können Stähle gemacht werden (zu erkennen an den ersten zwei Stellen der Legierung wie 1018, 4340, 8620, drei gängige Optionen). Doch sind Stahl und das damit verwandte Eisen bei Weitem die meistverarbeiteten Metalle, Aluminium folgt gleich darauf auf dem zweiten Platz.

In dieser Liste wurden die Rotmetalle Messing und Bronze nicht erwähnt, ohne die die Geschichte der Menschheit einen ganz anderen Verlauf genommen hätte. Ebenfalls ausgelassen wurde Titan, die andere höchst wichtige Superlegierung, die man sich als Aluminium auf Steroiden vorstellen kann. Auch auf Polymere wurde nicht eingegangen. ABS, der

Werkstoff, aus dem Legosteine und Ablaufrohre sind, ist sowohl form- als auch zerspanbar und bietet herausragende Zähigkeit und Schlagfestigkeit. Technische Kunststoffe – mit Ausnahme von Acetal – eignen sich für alles vom Zahnrad bis zum Sportartikel. Nylon wird bekanntlich zur Herstellung von Strümpfen verwendet, aber durch die Kombination aus Festigkeit und Flexibilität war es im 2. Weltkrieg von Bedeutung, da es Seide als Fallschirmmaterial ersetzen konnte. Außerdem gibt es noch Polycarbonat, Polyvinylchlorid (PVC), High-Density- und Low-Density-Polyethylen und andere mehr. Die Auswahl an Werkstoffen ist groß, daher ist es für Teiledesigner sinnvoll, das Angebot zu recherchieren und herauszufinden, welche Materialien sich wofür eignen und wie sie am besten verarbeitet werden. Bei Protolabs gibt es Kunststoffe und andere Werkstoffe in über 40 verschiedenen Qualitäten.



Die Ermittlung des richtigen Materials für die spanende Bearbeitung ist genauso wichtig wie die Bearbeitungsmethode. Hier abgebildet sind Blöcke aus Polyetheretherketon (PEEK), das als der Superman der Polymere gilt und fest genug ist, um Metall in bestimmten Anwendungen zu ersetzen. Angesichts der großen Auswahl

5 Punkte, die bei der Wahl eines digitalen Planungsdienstleisters zu beachten sind

Überlegungen zum Design und beste Vorgehensweisen? Abgehakt. Rohmaterialien? Abgehakt. Zerspanungsdienstleister? Das ist der nächste Schritt. Wie findet man also „die Richtigen“, eine Firma mit den benötigten technischen Spezialkenntnissen, vernünftigen Preisen, kurzen Bearbeitungszeiten und einem Online-/interaktiven Angebotssystem, das auch eine Machbarkeitsanalyse (DFM) liefert und die vor allem in der Lage ist, gute Teile in einheitlicher Qualität zu fertigen? Bedenken Sie Folgendes::

1. Manche Firmen, zum Beispiel Protolabs, sind auf Kleinserienteile und Prototypen spezialisiert. Andere sind mehr auf die Serienproduktion von Zehntausenden und mehr Teilen eingestellt. Ein wichtiger erster Schritt ist es also, herauszufinden, bei welchem Teilevolumen ein Hersteller am ehesten wettbewerbsfähig ist.
2. Die effizientesten Zerspanungsdienstleister sind diejenigen mit standardisierten Prozessen und Werkzeugsätzen. Sie können Rüstzeiten, Werkzeugkosten und vor allem auch Überraschungen reduzieren. Zögern Sie nicht, eine Firma zu fragen, wo ihre Stärken liegen.
3. Standardwerkzeugsätze haben jedoch auch ihre Nachteile. So muss zum Beispiel ein CNC-Bearbeitungszentrum mit einer festen Anzahl Werkzeuge diese vielleicht für doppelte Zwecke einsetzen – einen Schaftfräser zum Bohren eines Lochs, oder ein Nutwerkzeug zum Drehen eines Drehzapfens oder einer Welle. Mit diesem Ansatz

lassen sich jedoch oft die gewünschten niedrigen Kosten oder kurzen Bearbeitungszeiten erzielen.

4. Protolabs verfügt über ein webbasiertes automatisiertes Angebotssystem, das Merkmale, die bei der spanenden Bearbeitung Schwierigkeiten bereiten könnten, bereits vor Beginn der Fertigung kennzeichnet. Durch diese Machbarkeitsanalyse (DFM) lässt sich Nacharbeit vermeiden, da Modifikationen bereits am Anfang des Designprozesses vorgenommen werden können.
5. Suchen Sie ein Dienstleister, der das Gesamtbild sieht und verschiedene Fertigungsoptionen anbietet. Vielleicht sind Sie der Meinung, dass 3D-Druck bestimmt der Weg zur schnellen Lieferung von Prototypen ist. Das ist in manchen Fällen richtig, aber wenn es das Design erlaubt, ist die spanende Bearbeitung bei Prototypen oft kostengünstiger. Und was geschieht, wenn die Teilevolumen steigen? Wenn Sie Teile für eine bestimmte Fertigungstechnologie entwerfen, manövrieren Sie sich vielleicht in eine teure Sackgasse. Und im Hinblick auf das Gesamtbild sollten Sie auch den Anteil der pünktlichen Lieferungen und die Gesamtmaschinenkapazität berücksichtigen. Außerdem ist wichtig, ob es sich um einen Dienstleister mit eigener Fertigung oder einen Broker handelt und inwieweit es möglich ist, von Prototypen-Stückzahlen zur Kleinserienfertigung überzugehen.

Und zögern Sie nicht, zu fragen, ganz unabhängig von Ihrer Designerfahrung. Die erfahrenen Anwendungstechniker von Protolabs (+ 49 (0) 89 90 5002 0 oder customerservice@protolabs.de) beraten Sie gerne über Designänderungen und Werkstoffe, mit denen die Machbarkeit Ihrer Teile verbessert und die Teilekosten gesenkt werden können. **Laden Sie ein CAD-Modell hoch**, um einen Kostenvoranschlag, die Lieferzeit und automatisches

Feedback zu Ihrem Design zu erhalten.

Sources: haascnc.com, mazakusa.com, okuma.com, sandvik.coromant.com



Sie benötigen mehr als 25 Teile? Senken Sie Ihre Teilekosten bei der Bestellung einer größeren Stückzahl in unseren gängigsten Werkstoffen durch Schnellfertigung.