

# Massivumformen bietet auch bei kleinen Stückzahlen viele Vorteile

Massivumformverfahren eignen sich vor allem für die Serienfertigung. Aber gerade bei kleinen Losgrößen wird als Alternative oft eine spanende Fertigung ins Auge gefasst. Doch bei ganzheitlicher Betrachtung gibt es selbst bei Kostengleichheit noch eine Reihe guter Gründe für die Massivumformung.

THEODOR L. TUTMANN

**I**m Bereich der Zerspanungstechnologien gab es in den letzten Jahren enorme Fortschritte. Heutige HSC-Anlagen (High Speed Cutting) verfügen über hochdynamische Achsantriebe und schnell laufende Spindeln mit hoher Leistung. Entsprechende Weiterentwicklungen gab es auch bei den Schneidwerkzeugen. Mit solchen Anlagen lassen sich selbst harte Werkstoffe mit hohen Zerspanungsleistungen bearbeiten.

## Gründliche Kostenanalyse führt zum richtigen Fertigungsverfahren

Diese Entwicklung eröffnet dem Konstrukteur neue, früher nicht darstellbare Freiheitsgrade bei der Entscheidung, für welches Fertigungsverfahren er sich bei der Konzeption eines Bauteils entscheiden soll, das in kleineren Serien benötigt wird. Die meisten Massivumformverfahren wie Gesenkschmieden, Fließpressen oder Stauchen erfordern den Einsatz formgebender Werkzeuge. Die Kosten hierfür rechnen sich erst ab einer gewissen Mindeststückzahl. Bei einer Zerspanung „aus dem Vollen“ sind die Kosten pro Bauteil dagegen weitgehend stückzahlunabhängig. Gerade bei geringen Serienlosgrößen oder bei Unsicherheiten bezüglich der zu erwartenden Abnahmemengen kommt es daher immer wieder vor, dass man sich ohne ausführliche Kostenanalyse für die

RA Dr. Theodor L. Tutmann ist Geschäftsführer des Industrieverband Massivumformung e.V. in 58093 Hagen. Weitere Informationen: Tel. (0 23 31) 95 88-0, ltutmann@metalform.de

**Im Vergleich mit einer Zerspanung aus dem Vollen bietet die Massivumformung selbst bei kleinen Stückzahlen noch Vorteile.**

vordergründig sicherere Zerspanungslösung entscheidet. Eine genauere Analyse zeigt jedoch nicht selten, dass bei solchen über den Daumen getroffenen Entscheidungen wesentliche Einflussgrößen nicht ausreichend berücksichtigt wurden.

**Die Massivumformung bietet eine unerreichte Materialeffizienz**

Zu den wichtigsten Vorteilen der Massivumformung gehört die Materialeffizienz, weil das Volumen des Rohlings bei der Umformung quantitativ die Kontur des gewünschten Bauteils annimmt. Deshalb sind die meisten Oberflächenbereiche von Schmiedeteilen bereits werkzeugfallend funktionsfertig. Materialverluste beschränken sich vor allem auf den beim Gesenkschmieden üblicherweise anfallenden Grat. Beim Fließpressen oder Stauchen wird oft sogar völlig gratfrei gearbeitet. Nachfolgende Zerspanungsoperationen beschränken sich oft auf wenige Bereiche wie Lagersitze, Bohrungen oder Passungsflächen. Die Materialeffizienz von Schmiedeteilen liegt daher häufig oberhalb von 80% und kann sogar nahe an die 100% herankommen. Bei einer Zerspanung aus dem Vollen muss dagegen das gesamte überstehende Material des umschreibenden Kubus beziehungsweise Zylinders entfernt werden. Vor allem bei filigranen Teilen sind das nicht selten mehr als 50% des Materials und in Extremfällen landen sogar mehr als 90% des Rohlings im Spänecontainer. Abgesehen von der schlechten Materialnutzung ist das auch äußerst teuer. Schon ein kurzer Blick auf die Kostenanteile von Zerspanungsoperationen selbst vergleichsweise geringen Umfangs lässt erkennen, dass die Produktion von Spänen in größerem Umfang massiv ins Geld geht. Und mit Blick auf künftige Anforderungen bezüglich Energie- und Ressourceneffizienz lässt sich unschwer voraussagen, dass moderne Bearbeitungszentren, die Stromfresser der Extraklasse sind, Energiebilanz und CO<sub>2</sub>-Ausstoß einer überwiegend spanenden Fertigung noch stärker belasten werden.

Ein weiterer ganz wesentlicher Unterschied von durch Zerspanung hergestellten Teilen im Vergleich zu Schmiedeteilen liegt darin, dass bei Massivumformprozessen der Werkstoff in seinen Eigenschaften örtlich gezielt verbessert wird. Dies bewirkt Anisotropien der Eigenschaften im Bauteil ähnlich wie bei Komponenten aus Verbundwerkstoffen. Dabei gibt es unterschiedliche Wirkmechanismen, die sowohl vom Werkstoff als auch von der jeweiligen Prozessführung abhängen und teilweise miteinander kombiniert werden können.

An erster Stelle ist die durch die Umformung herbeigeführte Ausbildung einer Faserstruktur im Schmiedebauteil zu nennen. Ausgangspunkt sind die in den meisten niedriglegierten Stählen vorhandenen Ausscheidungen. Diese zunächst kompakten Strukturen werden durch die Umformung zeilenförmig gestreckt und bilden schließlich eine regelrechte Faserstruktur aus. Die Kunst besteht hierbei darin, den Umformvorgang so zu steuern, dass die Orientierung dieser Fasern mit der Hauptbeanspruchungsrichtung des Bauteils übereinstimmt, und das auch bei Konturversprüngen. Das Ergebnis ist eine Verbesserung der dynamischen Festigkeit um bis zu 30%.

Weiterer wichtiger Mechanismus ist die beim Umformen in kaltem Zustand eintretende Verfestigung des Stahls. Diese kann sowohl im gesamten Querschnitt als auch gezielt in oberflächennahen Bereichen des Bauteils herbeigeführt werden. Das Ergebnis sind deutlich erhöhte Werte für Zugfestigkeit, Streckgrenze und Härte. Häufig erfolgt eine Kaltumformung als letzter Prozessschritt nach vorangegangener Warmformgebung zur gezielten Eigenschaftsverbesserung.

Ein weiterer Prozesskniff ist die Oberflächenverfestigung durch Kugelstrahlen nach Abschluss der Warmumformung. Bei richtiger Wahl von Strahlgut und Behandlungsparametern wird die Oberfläche dadurch nicht nur gereinigt, sondern auch durch Kaltumformung verfestigt. Dabei werden Druckeigenstressungen aufgebaut. Beides erhöht sowohl die Verschleißbeständigkeit als auch die dynamische Belastbarkeit. Für den Konstrukteur erhöht all dies die verfügbaren Freiheitsgrade bei der Konzeption neuer Produkte. Verfügbare Optionen sind Gewichtseinsparungen, der Einsatz kosten-

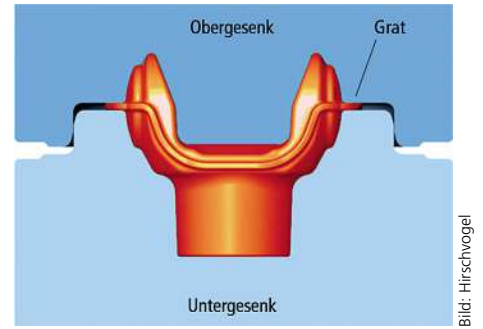


Bild: Hirschvogel

**Bild 1: Materialeffizienz beim Gesenkschmieden: Beim Umformen fließt der Rohling in die Kontur des Gesenks. Verluste entstehen nur durch den schmalen Grat.**

günstigerer Legierungen oder Entfall beziehungsweise zumindest weitgehende Verringerung abschließender Bearbeitungsgänge.

**Manche Aufgaben können frästechnisch nicht gelöst werden**

Beim Vergleich zwischen Umformung und Zerspanung ist zu berücksichtigen, dass sich der Zerspanungsaufwand von Fall zu Fall sehr stark unterscheiden kann, und manche Aufgabenstellungen sind von vornherein nicht mehr mit vertretbarem frästechnischem Aufwand zu bewältigen, wissen beispielsweise die Produktentwickler bei der Hirschvogel Automotive Group. Hierzu gehören beispielsweise Innenverzahnungen aller Art – insbesondere in Sacklöchern –, aber auch die als Hirth-Verzahnungen bekannten Stirnverzahnungen an Wellen. Letztere sind für den Konstrukteur sehr interessant, weil sie auf kürzestem Bauraum und bei sehr kurzen Montagewegen hohe Drehmomente übertragen. Die frästechnisch sehr aufwendige Herstellung dieses Verzahnungstyps begrenzte bisher jedoch ihre Massen Anwendung. Solche Verzahnungen kann

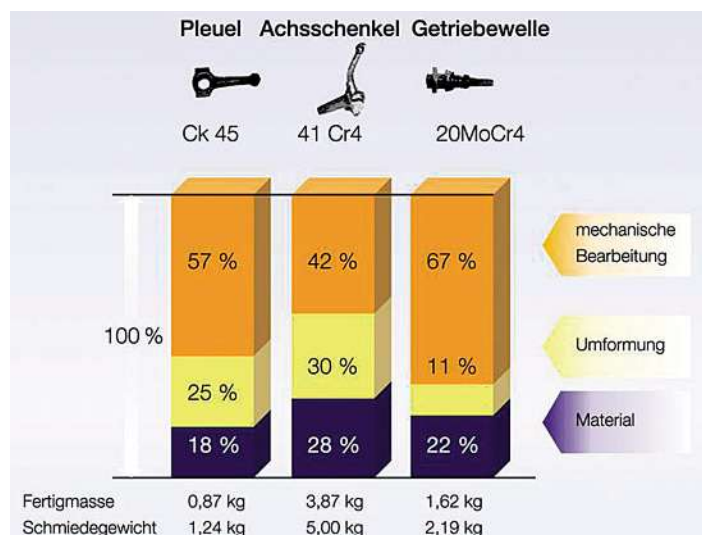


Bild: Industrieverband Massivumformung

**Bild 2: Schon vergleichsweise geringfügige Zerspanungsoperationen verursachen hohe Kostenanteile.**



Bild: Hirschvogel

**Bild 3:** Bei diesem Tellerrad wurde die Verzahnung vorgeschmiedet. Bei einem Durchmesser von 200 mm konnten so rund 70 g Gewicht eingespart werden.

Hirschvogel jetzt sehr wirtschaftlich schmieden. Durch den Wechsel des Herstellverfahrens eröffnen sich dabei zusätzliche Optionen, beispielsweise seitliche Anbindungen der Zähne oder vertiefte Zahnprofile. Weiteres Beispiel für ein Bauteil, das schmiedetechnisch viel effizienter gefertigt werden konnte als durch Zerspanung oder fügende Verfahren, ist ein gewichtsoptimiertes Common-Rail-Bauteil mit Durchmesser einzügen zwischen den Hochdruckanschlüssen. Ähnliches gilt auch für ein Tellerrad mit vorgeschmiedeter Verzahnung. Bei einem Durchmesser von lediglich 200 mm konnten so beim Rohling rund 700 g Gewicht eingespart werden.

Auch bei klassischen Zahnrädern gibt es Geometrien, die sich durch Zerspanung nicht wirtschaftlich herstellen lassen, wie zum Beispiel bei mehrfachverzahnten Ritzeln mit seitlicher Anbindung der Zähne, wissen die Umformexperten bei der Wezel GmbH Kaltumformtechnik. Solche Geometrien lassen sich dagegen durch Massivumformung problemlos und mit hoher Qualität darstellen. Dabei sind teils erhebliche Kostenvorteile möglich. Zum einen betrifft dies

Einsparungen durch die weitgehende oder sogar vollständige Darstellung der Zahngeometrie allein durch Massivumformung, wobei häufig temperaturunterstützte und kalte Umformverfahren kombiniert werden. Dabei sind Verzahnungsqualitäten 8 ohne jegliche Nachbearbeitung der Zahnflanken erzielbar. Weitere Pluspunkte ergeben sich durch Umkonstruktion und Zusammenlegung mehrerer Einzelteile zu einer monolithischen integrierten Komponente. Dabei sind zusätzliche Vorteile möglich, zum Beispiel erhöhte Stabilität der Verzahnung durch seitliche Anbindung der Zähne. Dies sowie der belastungsgerechte Faserverlauf ermöglichen bei der Neukonstruktion häufig ein Abspecken des Bauteils mit entsprechender Materialeinsparung. Weitere Vorteile ergeben sich durch geänderte Detailkonstruktionen: Umformtechnisch lassen sich optimierte Verzahnungen erzeugen, die im Vergleich mit den gängigen, an spanend gefertigten Verzahnungen ausgerichteten Normen merkliche Vorteile bieten.

#### Effiziente Schmiedegesenke durch die HSC-Hartbearbeitung

Mit der HSC-Hartbearbeitung lassen sich Schmiedegesenke heute erheblich effizienter herstellen als früher, haben die Umformer der Schwarz AG Warmpresswerk über Jahre in Erfahrung gebracht. Dadurch rechnen sie sich schon für vergleichsweise niedrige Stückzahlen. Fast noch wichtiger ist jedoch angesichts der engen Terminvorgaben bei neuen Produkten der Zeitfaktor. Fallweise brauche man heute nur noch wenige Wochen für die komplette Prozessentwicklung von der CAD-Zeichnung über die Simulation und Optimierung des Umformens bis zum produktionsbereiten Gesenk. Da das Schmieden anschließend innerhalb kürzester Zeit vollzogen werden kann, kann man je nach Serienlosgröße zeitlich mit der Herstel-



Bild: Edelstahl Rosswag

**Bild 4:** Faserverlauf: Der Schmied steuert den Umformvorgang so, dass die Orientierung der Fasern auch bei Konturversprüngen mit der Hauptbeanspruchungsrichtung des Bauteils übereinstimmt.

lung durch Zerspanen mithalten. Gerade in der Prototypphase ist dies auch deshalb besonders interessant, weil es möglich wird, schon nach kurzer Zeit Erprobungen an seriennahen Bauteilen durchzuführen.

Ein wichtiger Trend, der das Massivumformen begünstigt, ist auch der stetige Anstieg der Legierungskosten. Dies macht das Schmieden umso attraktiver, je höher das zu zerspanende Volumen ist.

Vielen Kunden ist auch nicht ausreichend bewusst, mit welcher Genauigkeit und Präzision moderne Schmiedeverfahren Konturen und sogar Funktionsflächen bis sehr nah an die gewünschten Abmessungen darstellen können. Für große Bereiche der Oberfläche ermöglichen die heute erzielbaren Toleranzen den Verzicht auf weitergehende Bearbeitungsvorgänge. Dabei bereiten selbst verrippte Strukturen keine Probleme. Da zudem auch in den Bereichen, wo eine Bearbeitung



Bild: Hirschvogel

**Bild 5:** Diese Variante einer Hirth-Verzahnung ließe sich frästechnisch nicht mit vertretbarem Aufwand fertigen.



Bild: Hirschvogel

**Bild 6:** Dieses gewichtsoptimierte Common-Rail-Bauteil mit Durchmesser einzügen kann schmiedetechnisch sehr effizient gefertigt werden.



Bild: Wezel

**Bild 7: Spanend nicht darstellbar: Doppelzahnrad eines Planetengetriebes mit seitlicher Anbindung der Zähne.**



Bild: Wezel

**Bild 8: No-go für die Zerspanung: Zahnrad für den Starter eines Enduro-Motorrads mit integrierter Seitenplatte.**

unverzichtbar bleibt, die Aufmaße auf ein Minimum reduziert werden, halten sich die Zerspanungskosten sehr in Grenzen.

#### Das Freiformschmieden kommt ohne die Gesenkerstellung aus

Beim Freiformschmieden fallen keinerlei Kosten für die Herstellung von Gesenken an, sodass die Vorteile des Massivumformens auch schon bei kleinsten Stückzahlen greifen. Äußerst anschaulich lässt sich dies beispielsweise an abgesetzt geschmiedeten Wellen zeigen, die bei der Edelstahl Rosswag GmbH im Gewichtsbereich bis zu 5 t hergestellt werden. Besonders ins Auge fällt beim Vergleich

zur Zerspanung natürlich zunächst die Materialeinsparung. Während beim Drehen einer solchen Welle aus dem Vollen je nach Geometrie bis zu 60% des Materials zerspannt werden müssen, liegen die entsprechenden Anteile beim Freiformschmieden bei lediglich 5 bis 10%. Dieser Unterschied, der mit zunehmendem Teilgewicht selbst bei preisgünstigen Kohlenstoffstählen bereits ins Geld geht, saldiert sich bei hochpreisigen Edelstählen mit hohem Legierungskostenzuschlag schnell zu vier- oder gar fünfstelligen Beträgen. Zudem weisen geschmiedete Wellen einen kraftflussgerechten Faserverlauf und damit eine deutlich bessere Dauer-

festigkeit auf. Dies macht sich vor allem im Bereich großer Wanddickenübergänge, beispielsweise zwischen Wellenzapfen und Flansch, bemerkbar. Und last but not least steht dem Schmied vor allem bei großformatigen Bauteilen eine weitere Sparoption offen, indem er sich beim Rohling gleich für einen Gußblock statt für geschmiedetes oder gewalztes Vormaterial entscheidet.

Dadurch lässt sich allein schon vom Energieeinsatz her eine volle Hitze, das heißt ein Aufheizvorgang bis etwa auf Schmiedetemperatur mit rund 1200 °C wirtschaftlich einsparen.

**MM**