

Was ist Massivumformung?

Einleitung

Die Massivumformung umfasst eine Vielzahl unterschiedlicher formgebender Herstellungsverfahren, die im Temperaturbereich von Raumtemperatur bis max. 500 °C (Kaltmassivumformung), 500 bis ca. 800 °C (Halbwarmumformung) oder zwischen 1.000 und max. 1.300 °C (Warmmassivumformung) durchgeführt werden.

Allen Verfahren gemeinsam ist die Umformung eines Abschnitts aus gewalztem Stabstahl mit rundem oder rechteckigem Querschnitt oder stranggepresstem Profil (bei Umformung von Aluminium). Beim Freiformschmieden kann auch direkt aus einem gegossenen Block umgeformt werden.

Ferner lassen sich durch Massivumformung nahezu alle metallischen Werkstoffe verarbeiten, und in Kombination mit der Umformung nachfolgenden Wärmebehandlungsverfahren kann der Werkstoff sehr gut an den späteren Verwendungszweck angepasst werden.

Die Formenvielfalt der durch Massivumformung herstellbaren Werkstücke reicht von geometrisch einfachen rotationssymmetrischen Wellen oder Zahnradrohlungen bis hin zu komplexen Geometrien in Gestalt von Achsschenkeln, Schwenklagern, Turbinenschaufeln und Kurbelwellen.



Bild 1: Teilevielfalt in der Massivumformung.

Um diese Formenvielfalt in der jeweils geforderten Spezifikation zu gewährleisten, wird beim Massivumformen der Rohling mit Hilfe von Werkzeugen durch hohe Kräfte spanlos umgeformt. Dabei werden eventuell vorhandene Poren geschlossen und Einschlüsse zusammen mit den Kristallen des Gefüges in Fließrichtung des Werkstoffs gestreckt.

Massivumgeformte Teile weisen daher häufig eine typische Faserstruktur auf, welche die Belastbarkeit in Faserrichtung erhöht. Durch geeignete Wahl der Umformrichtung kann dieser Faserverlauf gezielt in Richtung der Hauptbeanspruchungsverläufe im Bauteil orientiert werden.

Je nach Umformtemperatur wird das Gefüge entweder kaltverfestigt oder feinkörnig rekristallisiert. Abhängig von der Kombination von Legierung und Prozessführung ist die Warmumformung zugleich bereits der erste Schritt einer thermomechanischen Behandlung mit positiven Auswirkungen auf die Feinkörnigkeit des Gefüges und somit die mechanischen Eigenschaften.

Werkstoffe

Für die Massivumformung sind bis auf wenige Ausnahmen alle Metalle bzw. Metall-Legierungen geeignet. Hinsichtlich des Kraftbedarfs zur Umformung und des Umformvermögens sind die unterschiedlichen Werkstoffgruppen jedoch nicht universell einsetzbar, wie in Bild 2 dargestellt ist.

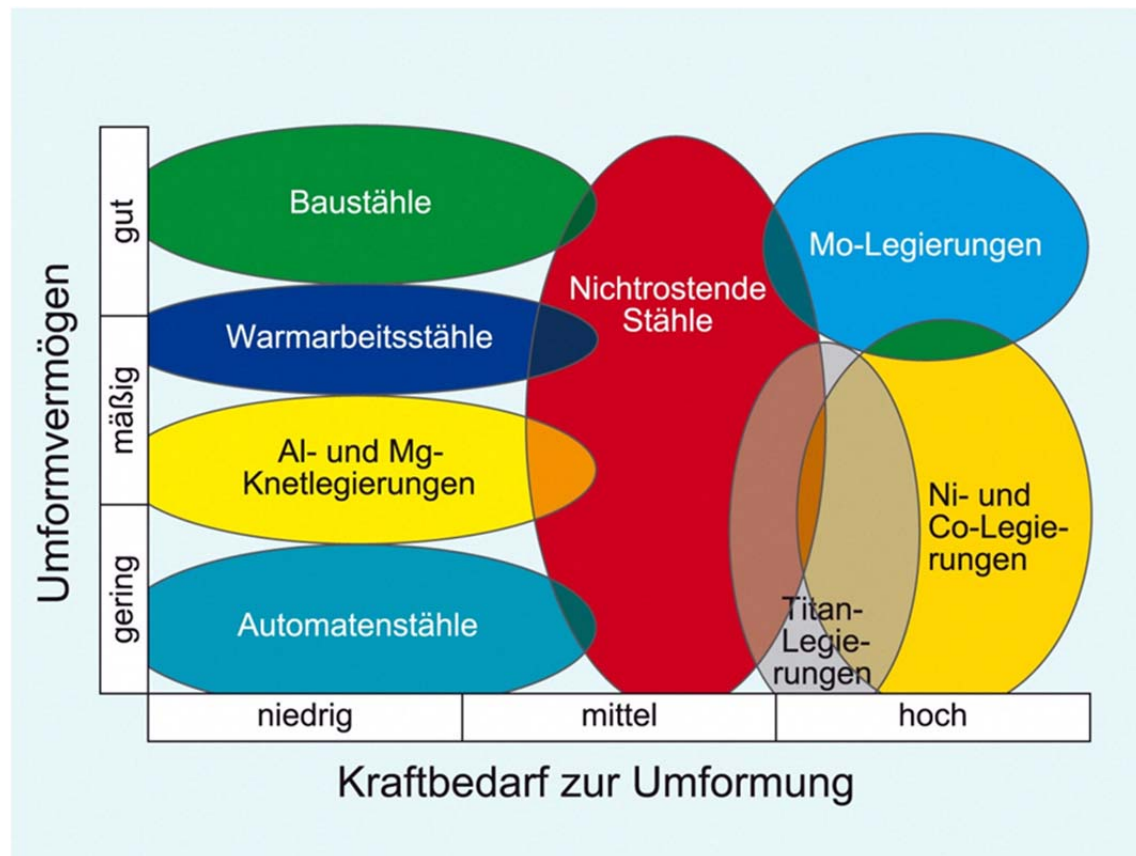


Bild 2: Umformigenschaften verschiedener Werkstoffgruppen.

Allein die Bandbreite der massivumformbaren Stahlliegierungen ist sehr groß und reicht von Baustählen über Kohlenstoff- und Vergütungsstähle bis zu hochlegierten Sorten.

Entsprechend breit ist auch das Spektrum der erzielbaren Eigenschaften, das von mittlerer Festigkeit bei sehr guter Zähigkeit bis zu höchsten Festigkeiten bzw. Härten bei hochlegierten Stahlwerkstoffen reicht.

Bei den Nichteisenmetallen (NE-Metalle) stellen die Aluminiumlegierungen den größten Anteil, während weitere NE-Metallelegierungen wie z.B. Kupfer-, Titan- oder Nickelbasislegierungen üblicherweise für Sonderfälle (z.B. für Armaturen) verwendet werden.

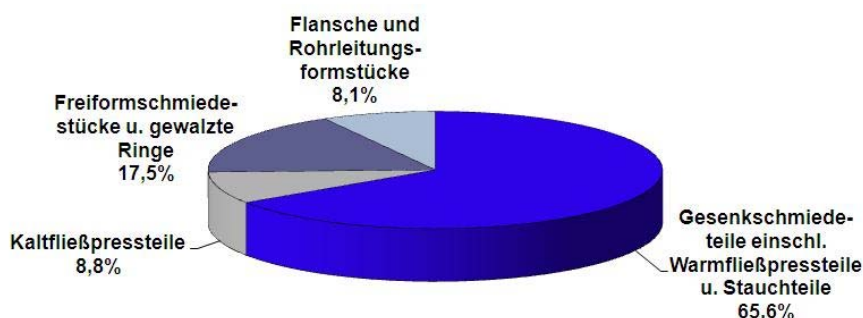
Für die Kaltmassivumformung sind nur Stahlsorten geeignet, deren Kohlenstoffgehalt auf ca. 0,5 % und die Summe der Legierungsbestandteile auf ca. 5 % beschränkt sind.

Für die Halbwarmumformung eignen sich prinzipiell alle Stahllegierungen, eine Ausnahme bilden hier die AFP-Stähle und rostfreien Stähle. Das Umformvermögen ist gegenüber der Warmmassivumformung bedeutend geringer.

Herstellverfahren

Die üblichen in der Massivumformung angewendeten Herstellverfahren werden lt. DIN 8582 der Gruppe Druckumformen zugerechnet. In dieser Gruppe findet eine weitere Unterteilung nach Walzen, Freiformen, Gesenkformen, Eindrücken und Durchdrücken statt.

Die Anteile der genannten Verfahren am Gesamtvolumen der massivumgeformten Erzeugnisse ist in Bild 3 wiedergegeben.



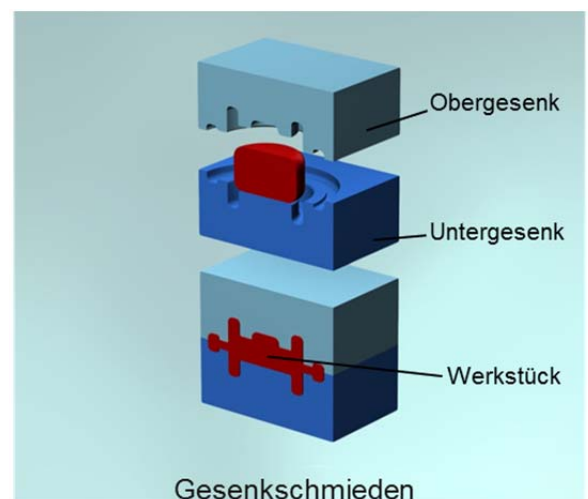
Stand: 2013

Quelle: Statistisches Bundesamt

Bild: Anteil der Herstellverfahren am Gesamtvolumen massivumgeformter Werkstücke in Deutschland (Basis: 2013: 2,8 Millionen Tonnen).

Gesekschmieden

Das Gesekschmieden stellt das mit Abstand verbreitetste Verfahren der Massivumformung dar. Die Formgebung erfolgt nach Erwärmung des Ausgangsmaterials auf Schmiedetemperatur, für den Bereich der Stähle ist das der Temperaturbereich zwischen ca. 1.150 und 1250 °C, mit Hilfe eines zweigeteilten Werkzeugs, des sogenannten Gesenks.

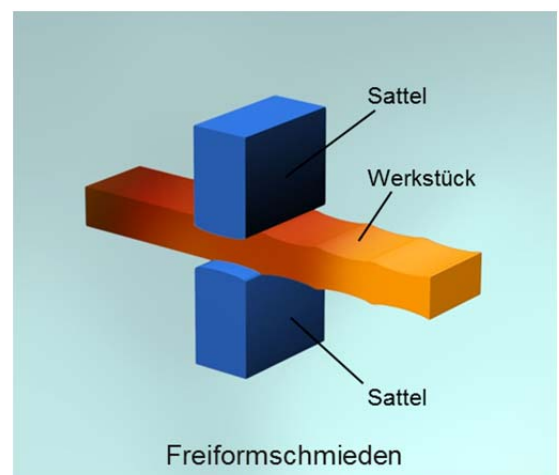


Der Rohling wird manuell oder automatisiert in das Untergesenk eingelegt. Danach werden Ober- und Untergesenk maschinell geschlossen. Hierdurch wird ein hoher Druck auf den Rohling ausgeübt, der Werkstoff fließt entlang der Werkzeugkontur und nimmt dabei die gewünschte Geometrie an.

Gesenkschmiedeteile werden in einem breiten Gewichtsspektrum gefertigt, das von wenigen Gramm bis zu mehr als 1.000 kg reichen kann. Unter Berücksichtigung der Kosten für die Werkzeugerstellung eignet sich das Gesenkschmieden besonders für die Serienproduktion im Bereich von einigen Hundert bis zu mehreren 10.000 Produkten.

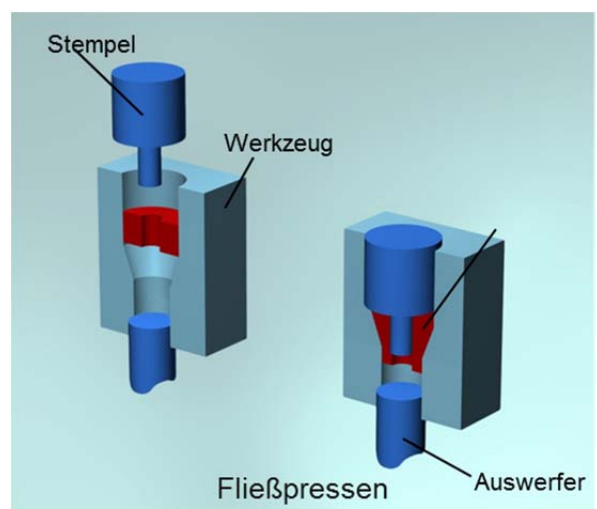
Freiformschmieden

Unter Freiformschmieden ist eine Umformung zu verstehen, die mit einfachen Werkzeugen und durch geschickte Manipulation von Werkstück und Maschine ein Werkstück in eine neue Form bringt. Im Gegensatz zum Gesenkschmieden wird eine inkrementelle Umformung angewendet, d.h. es sind zahlreiche Pressenhübe notwendig, um die gewünschte Geometrie zu erzielen. Einer langen Prozesszeit stehen beim Freiformschmieden die geringen Werkzeugkosten gegenüber. Angewendet wird das Freiformschmieden vorzugsweise zur Herstellung von Einzelstücken oder Kleinserien. Das Freiformschmieden kommt auch dann zum Einsatz, wenn die Werkstücke für das Gesenkschmieden zu groß sind oder die Komplexität der Geometrie bei zugleich kleinen Stückzahlen so gering ist, dass die Herstellung eines Gesenks nicht wirtschaftlich ist. Die am häufigsten angewandten Einzelverfahren beim Freiformschmieden sind Stauchen und Recken, ebenfalls zum Freiformschmieden gehört das Rundkneten, bei dem durch eine automatische Manipulation der Werkstücke sowie durch exakte Steuerung der Werkzeuge vorzugsweise wellenförmige Werkstücke mit hoher Wiederholgenauigkeit in größeren Serien hergestellt werden.



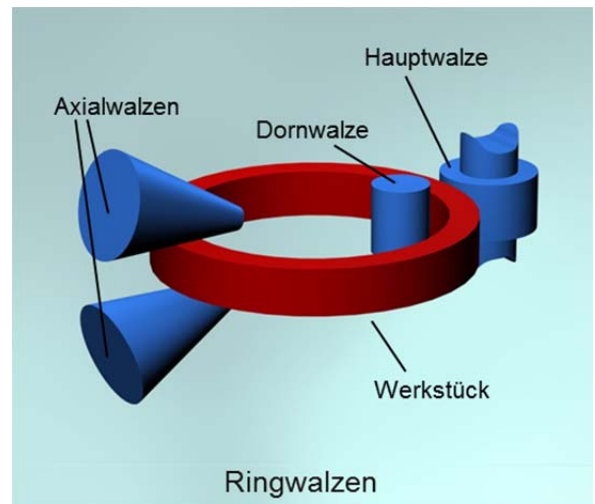
Fließpressen

Beim Fließpressen erfolgt die Umformung, indem das Werkstück durch eine Öffnung hindurchgedrückt und dadurch geformt wird. Je nach Fließrichtung des Materials in Bezug zur Wirkrichtung der Anlage unterscheidet man hierbei zwischen Vorwärts-, Rückwärts- und Querfließpressen. Oft werden die Verfahren auch miteinander kombiniert. Die meisten Fließpressteile weisen eine runde und symmetrische Geometrie auf, doch lassen sich auch komplizierte und asymmetrische Teile herstellen. Das Verfahren eignet sich sowohl für flache Teile wie Zahnräder als auch für lange, schlanke Bauteile wie z. B. Wellen. Wie bei anderen Verfahren kann die Formgebung je nach Anforderungen einstufig oder in mehreren Schritten erfolgen. Beim Fließpressen liegt eine sehr gute Materialnutzung von bis zu 100 % vor, da die Produkte im Unterschied zum Gesenkschmieden meist gratlos gearbeitet werden.



Ringwalzen

Ringwalzen ist ein partielles, kontinuierliches Massivumformverfahren von vorgeformten (i.d.R. gestauchten) und gelochten ringförmigen Werkstücken zu Ringen mit erheblich größeren Durchmessern bis zu mehreren Metern unter Abnahme des Ausgangsquerschnitts. Die Fertigung erfolgt meist auf speziellen Ringwalzwerken, deren Steuerung das komplexe Zusammenspiel von Durchmesser, Dicke und Breite in Echtzeit berücksichtigen muss. Mit Hilfe spezieller Walzen lassen sich neben rechteckigen Querschnitten auch anspruchsvollere Geometrien wie z. B. Ringe mit konischem Profil herstellen. Durch Ringwalzen werden nahtlose, großformatige Ringe z. B. für Drehkränze oder Großzahnräder im Maschinen- und Anlagenbau hergestellt.



Durch weitere Arbeitsgänge wie z. B. die nach dem Warmumformen übliche Reinigung durch eine Strahlbehandlung können zusätzlich Druckeigenspannungen in der Oberfläche erzeugt werden. Dies bewirkt eine Steigerung der Biegewechselfestigkeit. Vielfach wirken sich die Vorteile des Massivumformprozesses auch noch im weiteren Verlauf der Prozesskette aus, z. B. durch deutlich verringerte Bearbeitungskosten bei endkonturnah geschmiedeten Bauteilen.

Maschinen und Umfeld

Neben den Umformwerkzeugen sind die Maschinen der Massivumformung die wichtigsten Betriebsmittel zur Herstellung der gewünschten Produkte. Je nach angewendeten Verfahren stehen verschiedene Maschinenarten zur Verfügung. Bild 4 nennt die hauptsächlich in der Massivumformung eingesetzten Maschinenarten, die alle zur Aufgabe haben, sowohl die benötigten hohen Umformkräfte und -energien bereitzustellen als auch die Umformwerkzeuge genau zu führen, um eine hohe Wiederholgenauigkeit zu gewährleisten.

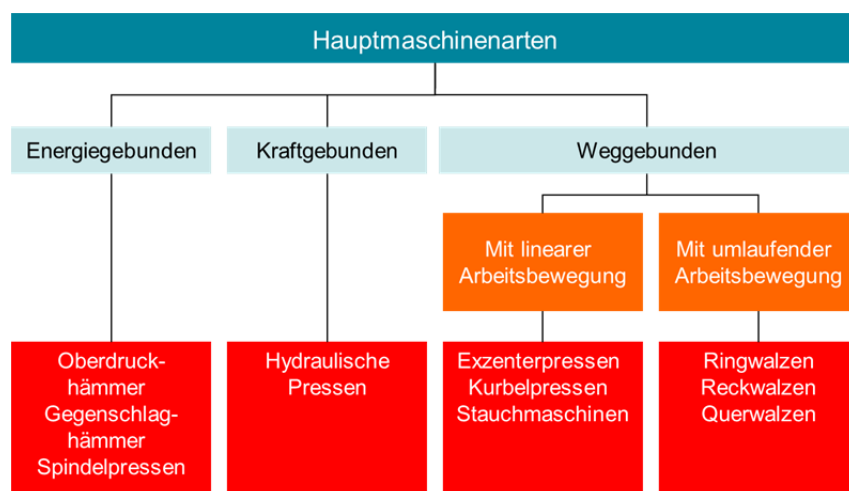


Bild 4: In der Massivumformung kommen drei verschiedene Maschinenarten zum Einsatz: Energiegebunden – Kraftgebunden – Weggebunden.

Energiegebundene Maschinen setzen das in der Maschine gespeicherte Arbeitsvermögen bei jedem Umformschritt in Umformarbeit um. Sie formen das Werkstück so lange um, bis die von der Maschine bereitgestellte Energie verbraucht ist.

Hämmer (Oberdruck- und Gegenschlaghämmer) sowie Spindelpressen sind typische Vertreter dieser Maschinenart.

Kraftgebundene Umformmaschinen verfügen aufgrund ihres Antriebsprinzips über eine konstante Umformkraft über den gesamten Umformweg. Sie üben also über die gesamte Drückberührzeit zwischen Werkzeug und Werkstück eine konstante Kraft aus.

Zudem sind aufgrund des großen Arbeitsraums große Umformwege möglich. Die geringe Umformgeschwindigkeit ist für einige Werkstoffe eine unverzichtbare Voraussetzung für die geforderte Formgebung.

Hydraulikpressen sind der typische Vertreter für kraftgebundene Maschinen.

Weggebundene Maschinen hingegen verfügen systembedingt über eine fest vorgegebene Weg-Zeit-Charakteristik. Unterschieden werden die weggebundenen Umformmaschinen in Maschinen mit linearer Arbeitsbewegung und mit umlaufender Arbeitsbewegung. Die sehr häufig zur Anwendung kommenden Exzenter-, Kurbel-, Keil- und Kniehebelpressen gehören zu den weggebundenen Maschinen mit linearer Arbeitsbewegung, während die meist zur Massenvorverteilung eingesetzten Reck- und Querkeilwalzen und die zum Ringwalzen notwendigen Radial- und/oder Axial-Walzmaschinen zur Gattung der weggebundenen Maschinen mit umlaufender Arbeitsbewegung hinzuzurechnen sind.

Produktionsmenge und Absatzmärkte

Im Jahr 2013 wurden mit den vorgeannten Verfahren der Massivumformung, zusammen mit der weiteren Anwendung einiger Sonderverfahren, weltweit 25,8 Millionen Tonnen an anspruchsvollen und z.T. komplexen Produkten hergestellt.

Europaweit beläuft sich die Menge im gleichen Jahr auf 5,9 Millionen Tonnen. Den größten Anteil nimmt dabei mit 47 % die Produktion in Deutschland ein, gefolgt von Italien mit 20 % und Frankreich sowie Spanien mit 8 bzw. 6 %-Anteil.

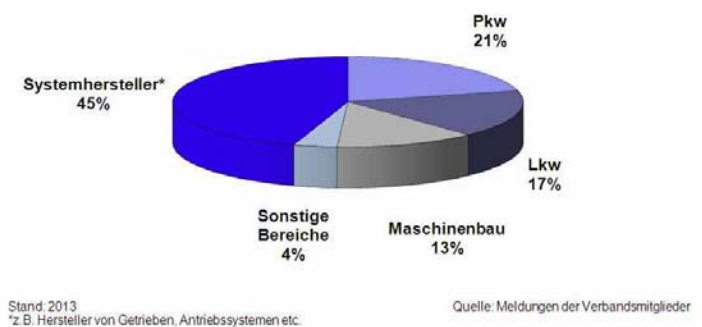


Bild 5: Abnehmerstruktur für die Erzeugnisse der Massivumformung.

Als typische Zulieferbranche beliefern die Unternehmen der Massivumformung vorrangig die Wirtschaftszweige Fahrzeug- und Maschinenbau. Ein Großteil der massiv umgeformten Erzeugnisse wird dabei zunächst an Systemhersteller geliefert, die nach weiteren Bearbeitungen und Montage von Einzelkomponenten zu Baugruppen oder Fahrzeugsystemen direkt an die Fahrzeughersteller liefern.

Vertiefende Literatur:

Industrieverband Massivumformung e. V.: Massivumformung kurz und bündig, ISBN 978-3-928726-32-0, Hagen, 2013.

Industrieverband Massivumformung e. V.: Basiswissen: Massivumformteile – Bedeutung, Gestaltung, Herstellung, Anwendung, PowerPoint-Präsentation, Hagen, 2011.

Hirschvogel Automotive Group: Massivumgeformte Komponenten, Hirschvogel Holding GmbH, Denklingen, 2010.

Hirschvogel Automotive Group: Massivumformtechniken für die Fahrzeugindustrie, Bibliothek der Technik Bd. 213, Verlag Moderne Industrie, ISBN 3-478-93237-8, Landsberg/Lech, 2001.

Fells GmbH: Rundknettechnik, Bibliothek der Technik Bd. 252, Verlag Moderne Industrie, ISBN 3-478-93291-2 Landsberg/Lech, 2003.

Seissenschmidt AG: Warmumformung mit horizontalen Mehrstufenpressen, Bibliothek der Technik Bd. 290, Verlag Moderne Industrie, ISBN 3-937889-38-8 Landsberg/Lech, 2006.