

4. HERSTELLUNG VON SCHRAUBEN UND MUTTERN

4.1 Herstellverfahren

Grundsätzlich unterscheidet man folgende beiden Herstellverfahren:

Zum einen die spanlose und zum anderen die spanende Formgebung. Bei der spanlosen Formgebung wird noch unterschieden zwischen Kalt- und Warmformung.

Nachstehendes Schaubild soll die Herstellverfahren nochmals verdeutlichen:

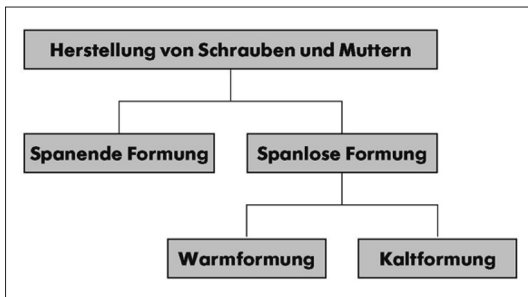


Abb. N: Übersicht über die verschiedenen Herstellungsverfahren

4.1.1 Kaltformung (Kaltfließpressen)

In der heutigen Verbindungstechnik wird ein Großteil der Verbindungselemente im Kaltfließpressverfahren hergestellt. Hier wird meist in mehrstufigen Prozessen das Verbindungselement durch Stauchen, Fließpressen und Reduzieren oder Kombinationen aus diesen Verfahren geformt. Für diese Art der Fertigung hat man den Begriff der Massiv- oder Kaltformung geprägt.

Dieses Verfahren wird in der Regel bei hohen Stückzahlen angewendet, da es in wirtschaftlicher Hinsicht das Rationellste ist.

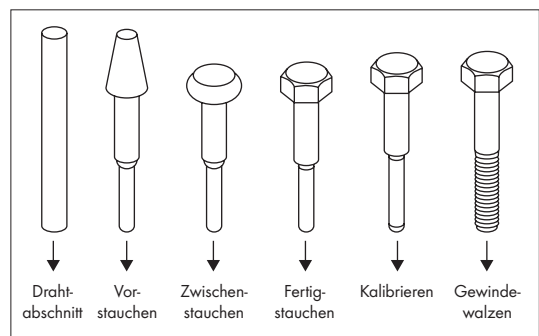
Die Auswahl der geeigneten Umformmaschinen hängt von der Größe des Verbindungselementes und von der Höhe des Umformgrades ab. Je höher der Umformgrad ist, desto mehr Umformstufen sind erforderlich. Für die Kaltformung sind scharfkantige Übergänge oder dünne Profile ungünstig und führen zu erhöhtem Werkzeugverschleiß.

Eine entscheidende Rolle an der Qualität des Endproduktes spielt die Auswahl und die Qualität des Vormaterials (Draht). In der Regel erhalten die Schraubenhersteller den Draht aufgewickelt auf Rollen, welche ein Gewicht von oftmals mehr als 1.000 Kilogramm haben.

Damit der Draht einwandfrei verarbeitet werden kann und der Werkzeugverschleiß minimiert wird, ist dieser normalerweise phosphatiert.

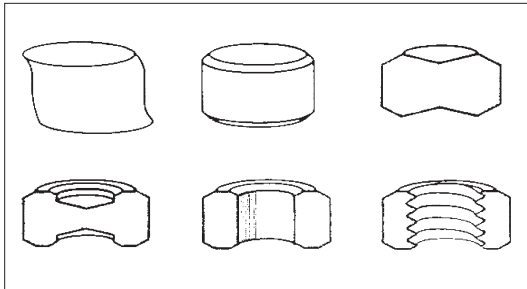
Der Konstrukteur einer Schraube oder eines Verbindungselementes versucht bereits bei der Entwicklung die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Werkstoffe mit denen an das Verbindungselement gestellten Anforderungen in Einklang zu bringen. Bei den Werkstoffen unterscheidet man neben den Nichtrostenden Stählen unlegierte und legierte Stähle. Werden z.B. erhöhte Festigkeiten gewünscht, so ist es zwingend erforderlich die Teile nach dem Pressen einem Wärmebehandlungsprozess zu unterziehen um die mechanischen Eigenschaften gezielt beeinflussen zu können.

Schaubild Stadiensatz Sechskantschraube



Auch Muttern werden normalerweise im Kalt- oder Warmpressverfahren hergestellt. Welches der beiden Verfahren eingesetzt wird, das hängt zum einen von der Größe und zum anderen von der benötigten Stückzahl ab.

Schaubild Stadiensatz Sechskantmutter



Vorteile der Kaltformung:

- Optimale Werkstoffausnutzung
- Sehr hohe Mengenleistung
- Hohe Maßgenauigkeit und Oberflächengüte
- Steigerung der Festigkeitseigenschaften durch Kaltverfestigung
- Beanspruchungsgerechter Verlauf der Fasern in Pressteilen

4.1.2 Warmformung

Mit diesem Fertigungsverfahren werden hauptsächlich große Durchmesser beginnend ab ca. M27 sowie große Längen beginnend ab ca. 300 mm hergestellt. Des Weiteren kommen Teile in Frage, welche aufgrund sehr geringer Stückzahlen oder auch aufgrund eines sehr hohen Umformgrades kaltfließpress-technisch nicht hergestellt werden können.

Bei diesem Verfahren wird das Vormaterial (in der Regel Stangenmaterial) ganz oder auch nur teilweise auf Schmiedetemperatur erhitzt. Dieses Erwärmen erlaubt es, dass auch komplizierte Geometrien oder sehr große Umformgrade realisiert werden können. Ein typisches Merkmal für ein warmgeformtes Bauteil ist die raue Oberflächenstruktur. Eine Kaltverfestigung findet bei der Warmformung nicht statt!

Vorteile der Warmformung:

- Herstellung komplizierter Geometrien möglich
- geringe Stückzahlen
- große Durchmesser und Längen

4.1.3 Spanabhebende Fertigung

Unter spanabhebender Bearbeitung versteht man üblicherweise Bearbeitungsschritte wie das Drehen, Fräsen,

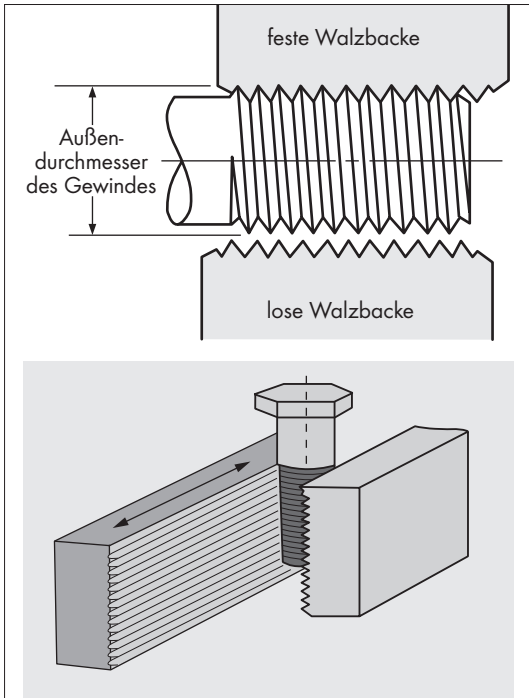
Schleifen oder Reiben. Die gebräuchlichste Methode in Bezug auf Verbindungselemente ist das Drehen, hat aber aufgrund der technischen Möglichkeiten im Kaltpressverfahren sehr stark an Bedeutung verloren.

Beim Drehen wird die gewünschte Kontur des Bauteils spanend mit einem Drehmeißel vom Ausgangsmaterial abgetragen. Der Durchmesser des Ausgangsmaterials richtet sich nach dem größten Durchmesser des Bauteils. In der Regel wird Stangenmaterial mit einer Länge von bis zu 6 Meter eingesetzt. Bei diesem Fertigungsverfahren wird im Gegenteil zum Kalt- oder Warmformen der Faserverlauf des Ausgangsmaterials zerstört.

Dieses Fertigungsverfahren kommt dann zum Tragen wenn entweder die Stückzahlen nicht sehr groß oder die Teilegeometrie aufgrund von scharfen Kanten, kleinen Radien oder auch Passmaße im Kalt- oder Warmfertigungsverfahren nicht eingehalten werden können. Bei diesem Fertigungsverfahren können Oberflächenrauheiten von Ra 0,4 oder Rz 1,7 ohne Probleme erreicht werden. Bei sehr großen Stückzahlen werden auch sehr häufig die Rohlinge im Kaltfließverfahren produziert um dann anschließend spanend nachbearbeitet zu werden.

4.2 Gewindeherstellung

Bei der Massenfertigung von Schrauben wird das Gewinde üblicherweise geformt oder gerollt. Bei diesem Verfahren wird die Schraube zwischen 2 Walzbacken (Flachbacken), die eine fest die andere lose, gerollt wobei das Gewinde entsteht. (siehe Schaubild). Bei dieser Art der Gewindeherstellung können mehrere hundert Bolzen pro Minute mit einem Gewinde versehen werden. Das Aufbringen des Gewindes erfolgt in der Regel vor dem Vergüten. Wird das Gewinde aufgrund besonderer Erfordernisse nach dem Wärmebehandlungsprozess aufgebracht so spricht man von einem schlussgerollten Gewinde.



Weitere Verfahren zur Gewindeherstellung: Einstechverfahren

Die mit gleicher Drehzahl angetriebenen Werkzeugrollen haben die gleiche Drehrichtung. Das Werkstück dreht sich, ohne sich axial zu verschieben. Mit diesem Verfahren lassen sich Gewinde mit sehr hoher Steigungsgenauigkeit herstellen.

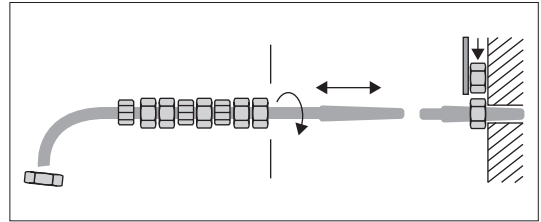
Durchlaufverfahren

Die Gewindesteigung wird durch Neigung der Rollenachsen um den Steigungswinkel erzeugt. Das Werkstück erhält einen Axial Schub und bewegt sich bei einer vollen Umdrehung um eine Gewindesteigung in Axialrichtung. Hiermit können überlange Gewinde erzeugt werden.

Gewindeschneiden

Bei diesem Verfahren wird das Gewinde mittels eines Gewindebohrers oder eine Schneidkluppe hergestellt. Dieses Verfahren kommt bei Schrauben in der Regel nur bei sehr geringen Stückzahlen oder auch bei spanend hergestellt Teilen zum Tragen.

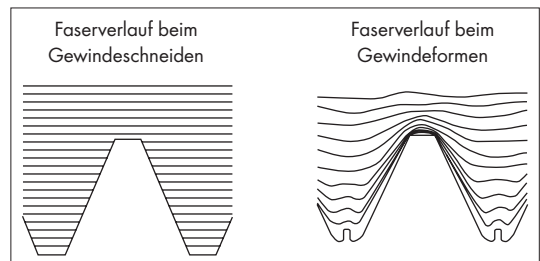
Bei der Herstellung eines Muttergewindes sieht die Sache aber anders aus. Hier wird das Gewinde meist mit einem Gewinde- oder Überlaufbohrer geschnitten.



Gewindeschneiden auf einem Automaten mit einem Überlaufbohrer

4.2.1 Faserverlauf

Aus den beiden Schaubildern sind die Unterschiede eines gerollten zu einem geschnittenen Gewindes sehr schön ersichtlich. Beim Gewindeformen wird das Material nochmals zusätzlich kaltverfestigt und der Faserverlauf wird nicht unterbrochen. Der Ausgangsdurchmesser des Bolzens liegt hier ca. beim Flankendurchmesser. Beim Gewindeschneiden ist der Ausgangsdurchmesser des Bolzens gleich dem Nenndurchmesser des Gewindes. Der Faserverlauf wird durch das Schneiden unterbrochen.



4.3 Wärmebehandlung

4.3.1 Vergüten

Die Kombination aus „Härten“ mit anschließendem „Anlassen“ nennt man Vergüten.

Das Vergüten ist für Schrauben ab der Festigkeitsklasse 8.8 nach DIN EN ISO 898 Teil 1 und für Muttern nach DIN EN 20898 Teil 2 in der Festigkeitsklasse 05 sowie 8 (>M16) und ab der Festigkeitsklasse 10 vorgeschrieben.

4.3.2 Härten

Die Schraube wird unter anderem in Abhängigkeit seines Kohlenstoffgehaltes auf eine bestimmte Temperatur erwärmt und längere Zeit gehalten. Dabei wird das Gefüge

umgewandelt. Durch anschließendes Abschrecken (Wasser, Öl usw.) wird eine große Härtesteigerung erreicht.

4.3.3 Anlassen

Der glasharte und somit spröde Werkstoff ist in diesem Zustand nicht in der Praxis einsetzbar. Es muss der Werkstoff auf eine in der Norm festgelegten Mindesttemperatur nochmals erwärmt werden, um die Verspannungen im Gefüge zu reduzieren. Durch diese Maßnahme verringert sich zwar die zuvor gewonnene Härte (diese liegt aber noch deutlich über den Werten des unbehandelten Werkstoffes), aber man erreicht eine größere Zähigkeit. Dieses Verfahren ist somit ein wichtiges Hilfsmittel der Hersteller, um Schrauben so zu fertigen, dass sie den von der Praxis geforderten Ansprüchen gerecht werden können.

4.3.4 Einsatzhärten

Dieses Verfahren findet unter anderem bei Blechschrauben, gewindefurchenden und selbstbohrenden Schrauben Anwendung. Hierbei ist eine große Oberflächenhärte entscheidend, damit diese Schrauben in der Lage sind, ihr Gewinde selbsttätig herzustellen. Der Schraubenkern hingegen ist weich.

Bei diesen Arten von Schrauben werden Stähle mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,05 bis 0,2% verwendet. Diese werden erwärmt und in einer Kohlenstoff abgebenden Atmosphäre (z.B. Methan) längere Zeit gehalten. Der Kohlenstoff diffundiert in die Randzonen ein und erhöht somit lokal den Kohlenstoffgehalt. Diesen Vorgang bezeichnet man als Aufkohlen. Anschließend wird der Werkstoff abgeschreckt und somit in den Randzonen gehärtet. Dies hat den Vorteil, dass die Oberfläche sehr hart ist, aber dennoch genügend Zähigkeit im Kern der Schraube vorhanden bleibt.

4.3.5 Glühen

Es gibt eine Reihe verschiedener Glühverfahren, die jeweils andere Auswirkungen auf das Gefüge und die Spannungszustände im Werkstoff haben. Ein sehr wichtiges Verfahren im Zusammenhang mit Verbindungselementen ist das Spannungsarmglühen (Erwärmen auf ca. 600 °C und längeres Halten). Die bei der Kaltumformung entstandene Kaltverfestigung kann durch Spannungsarmglühen rückgängig gemacht werden. Dies ist besonders wichtig für Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6,

da hier eine große Dehnung der Schraube vorhanden sein muss.

4.3.6 Tempern

Unter Tempern versteht man die thermische Behandlung von hochfesten Bauteilen (Festigkeiten ≥ 1.000 MPa oder Härten ≥ 320 HV) mit dem Ziel die Wasserstoffversprödungsgefahr zu minimieren. Das Tempern muss spätestens 4h nach Abschluss der galvanischen Oberflächenbehandlung durchgeführt werden. Die Mindesttemperatur richtet sich nach den Festigkeitsklassen bzw. den verwendeten Werkstoffen.