

Konstruktionshinweise für Schmiedestücke

Von Ober-Ing. Ewald Garz, Ennepetal

Die Schmiedeindustrie als wichtiger Zweig der weiterverarbeitenden Industrie liefert Gesenkschmiedestücke, Stauchteile, Fließpreßteile, nahtlos gewalzte Ringe und Freiformschmiedestücke. Alle diese Schmiedestück-Arten werden in den einzelnen Bereichen des Maschinen- und Anlagenbaus zur Übertragung von Kräften und Bewegungen verwendet, weil sie sicher, wirtschaftlich und vielseitig sind.

Die große Vielfalt der Schmiedestücke macht es unmöglich, außer allgemeinen Richtlinien genaue Konstruktionshinweise festzulegen, die für alle Schmiedestücke Gültigkeit haben. Angesichts steigender Kosten für Material, Energie, Löhne usw. kommt aber gerade der Konstruktion eines Bauteils in bezug auf die Herstellkosten besondere Bedeutung zu.

Bei einer Kostenrechnung und einem Kostenvergleich sollten niemals nur die Rohteile betrachtet werden, man muß alle Fertigungsstufen bis zum einbaufertigen Werkstück einbeziehen. Bei der Gestaltung des Fertigteils wird bereits der größte Teil der Kosten vorbestimmt. Neben der Werkstoffauswahl und der Festlegung der mechanischen Eigenschaften kommt der Form des Teils besondere Bedeutung zu.

Der Konstrukteur sieht bei der Entwicklung eines Bauteils in erster Linie die Funktionstüchtigkeit seiner Maschine oder Anlage. Um diese mit wirtschaftlichen Mitteln zu erreichen, sind bei der Konstruktion jedes Teils Kenntnisse der Werkstoffe und ihrer Eigenschaften sowie bei Einsatz von Schmiedeteilen zusätzlich Kenntnisse der Umformtechnik erforderlich.

Im Maschinenbau ist die spanlose Formgebung eine wichtige Möglichkeit zur Herstellung von Maschinenteilen aus Stahl. Sie erfolgt in der Hauptsache durch eine Formänderung der Ausgangsrohnteile durch Druckeinwirkung. Bei der Einzel- oder Kleinserienfertigung (Herstellung weniger Teile) wird oft das Freiformschmieden angewendet. Seine Wirtschaftlichkeit ergibt sich durch den geringen Aufwand an Werkzeugen, die vorwiegend Normwerkzeuge sind. Bei größeren Schmiedestücken lohnt sich vielfach die Gesenkanfertigung schon ab 25 bis 50 Stück. Unter Verwendung von Gesenken erfolgt die Serien- oder Massenerstellung von geschmiedeten Werkstücken. Im Gegensatz zum Freiformschmieden ergibt das Gesenkschmieden bei

hohen Leistungen Werkstücke mit genauen Abmessungen und sauberen Oberflächen. Oft können durch Gesenkschmieden hergestellte Bauteile ohne Nacharbeit eingebaut werden.

Die folgenden Ausführungen befassen sich mit der Konstruktion, den Bearbeitungszugaben und den Toleranzen beim Gesenkschmieden. Ziel des Gesenkschmiedens ist es, fehlerfreie und maßlich gleiche Bauteile unter wirtschaftlich günstigen Verhältnissen herzustellen. Um dieses Ziel zu erreichen, sollte sich der Konstrukteur bei der Festlegung von Bauteilen der bestehenden Unterlagen bedienen. Dies sind u. a. die Normen DIN 7523 „Richtlinien für die Gestaltung von Gesenkschmiedestücken“ — diese Norm wird zur Zeit überarbeitet und erscheint voraussichtlich 1981 neu — und DIN 7526 „Tole-

ranzen und zul. Abweichungen von Gesenkschmiedestücken“ sowie die zahlreichen Veröffentlichungen der deutschen Gesenkschmiedeindustrie. Besonders im Maschinenbau, wo meistens mittelgroße Serien benötigt werden, ist die Beachtung einer guten schmiedetechnischen Konstruktion sehr wichtig.

Einfluß der Form der Schmiedestücke

Die Vielzahl der Verwendungszwecke für Gesenkschmiedeteile im Maschinenbau bringt eine große Gestaltfülle mit sich. Da die Form des Schmiedestückes und seine Zugehörigkeit zu einer charakteristischen Gruppe das anzuwendende Schmiedeverfahren bis zu einem gewissen Grad bestimmt, hat sich für den Konstrukteur wie auch für

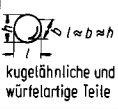














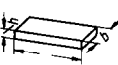















Formenklasse gedrungene Form  kugelförmige und würfelförmige Teile	Untergruppe:				Punkte		
	101 ohne Nebenformelemente	102 mit einseitigen Nebenformelementen	103 mit umlaufenden Nebenformelementen	104 mit einseitigen und umlaufenden Nebenformelementen			
					1		
Formenklasse 2 Scheibenform  Teile mit runden, quadratischen und ähnlichen Umrissen Kreuzteile mit kurzen Armen, Gestauchte Köpfe an Langformen (Flansche, Ventilteller usw.)	Untergruppe:						
	Formengruppe:						
21 Scheibenform mit einseitigen Nebenformelementen	211 	212 	213 	214 	215 	2	
22 Scheibenform mit zweiseitigen Nebenformelementen		222 	223 	224 	225 		
Formenklasse 3 Langform  Teile mit ausgeprägter Längsachse Längsgruppen: 1 kurze Teile l < 3b 2 halblange Teile l = 3...8b 3 lange Teile l = 8...16b 4 sehr lange Teile l > 16b (Ziffern der Längsgruppen werden mit Schrägstrich angehängt; z.B. 334/4)	Untergruppe:						
	Formengruppe:						
	31 Hauptformelemente mit gerader Längsachse	311 	312 	313 	314 	315 	3
	32 Längsachse des Hauptformelements in einer Ebene gekrümmt	321 	322 	323 	324 	325 	
33 Längsachse des Hauptformelements in mehreren Ebenen gekrümmt	331 	332 	333 	334 	335 	4	

Bild 1: Bewertung der Formschwierigkeit in der Formenordnung von Spies [1]

Parallelveröffentlichung in: Der Konstrukteur 12 (1981) 6.

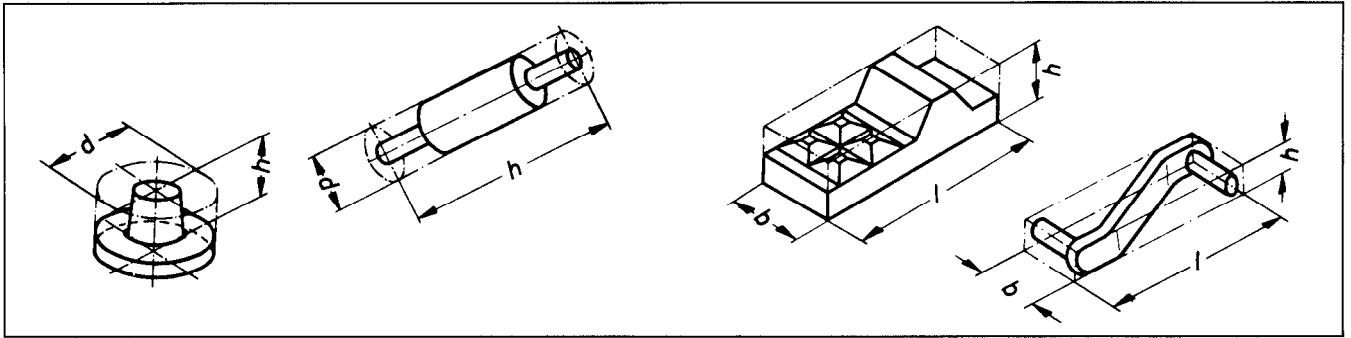


Bild 2: Hüllkörper runder und nichtrunder Gesenkschmiedestücke [2]

d = Durchmesser des Hüllkörpers, h = Höhe des Hüllkörpers, b = Breite des Hüllkörpers, l = Länge des Hüllkörpers

Planer und Kalkulatoren die Formenordnung von Spies als hilfreich erwiesen. Sie ordnet nach geometrischen Gesichtspunkten und faßt die Teile in drei Formenklassen zusammen:

- Klasse 1 — gedrungene Form,
- Klasse 2 — Scheibenform,
- Klasse 3 — Langform.

Der Vorteil einer solchen Ordnung liegt z. B. bei der Festlegung

- a) der Ausgangs- und Zwischenformen
- b) des geeigneten Herstellverfahrens und der Anzahl der Umformmaschinen. Sie gibt Entscheidungshilfen, ob Teile zweckmäßigerweise unter einem Hammer oder einer Presse gefertigt werden, oder ob die Teile in Stauchmaschinen herzustellen sind und
- c) der Ermittlung der einzusetzenden Materialmenge.

In der Formenordnung (Bild 1) werden die Schmiedestücke qualitativ beurteilt, eine quantitative Beurteilung wird in DIN 7526 vorgenommen.

Aus dem Verhältnis von Schmiedestückmasse m_S und der Masse des Hüllkörpers m_H — siehe Bild 2 — wird ein Feingliedrigkeitsfaktor (S) gebildet:

$$S = m_S : m_H.$$

Gruppe S1 = über 0,63—1

S2 = über 0,32—0,63

S3 = über 0,16—0,32

S4 = über 0 — 0,16

Der Feingliedrigkeitsfaktor „S“ berücksichtigt die Tatsache, daß beim Schmieden komplizierter Teile mit unsymmetrischen Nebenformelementen größere Maßschwankungen gegenüber einfachen Teilen auftauchen. Er macht gleichzeitig eine Aussage über die Massenverteilung und die damit notwendigen Zwischenformen. In der Formenordnung (Bild 1) sind in der rechten Spalte den Formenklassen die Feingliedrigkeitspunkte zugeordnet. Durch eine Addition der Punkte der Formenklasse und der Feingliedrigkeit erhält man eine Maßzahl für die Formschwierigkeit, die sich u. a. als Parameter bei

der empirischen Ermittlung der Umformkraft in Abhängigkeit von der Werkstückgestalt eignet (Bild 3).

Diese Angaben verdeutlichen den Einfluß der Form eines Schmiedestückes auf die Massenverteilung, die Umformkräfte und damit auch auf die Toleranzen, den Werkzeugverschleiß usw. Sie geben dem Konstrukteur eine erste Aussage über die Aufwendigkeit eines Bauteils. Aus diesem Grund müssen bei der Konstruktion eines Gesenkschmiedestückes folgende allgemeine Regeln beachtet werden:

- in erster Linie fließgerechte Gestaltung,
- werkzeuggerechte Gestaltung,
- maßgerechte Gestaltung und
- bearbeitungsgerechte Gestaltung.

Beim Gesenkschmieden unterscheidet man drei Hauptarten der Umformung (Bild 4):

- a) Beim Umformen durch *Stauch* benötigt man die geringsten Umformkräfte. Ein gutes Ausfüllen der Gra-

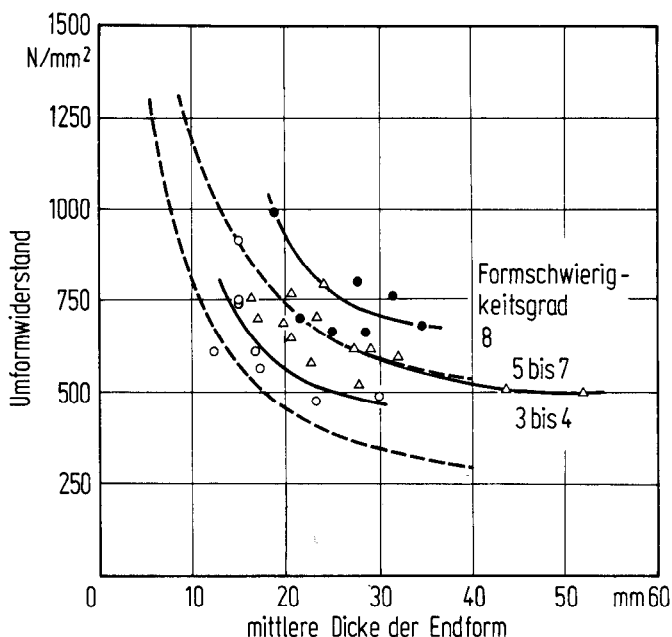


Bild 3: Umformwiderstand beim Gesenkschmieden in Kurbelpressen, nach Geck-Müller [1]

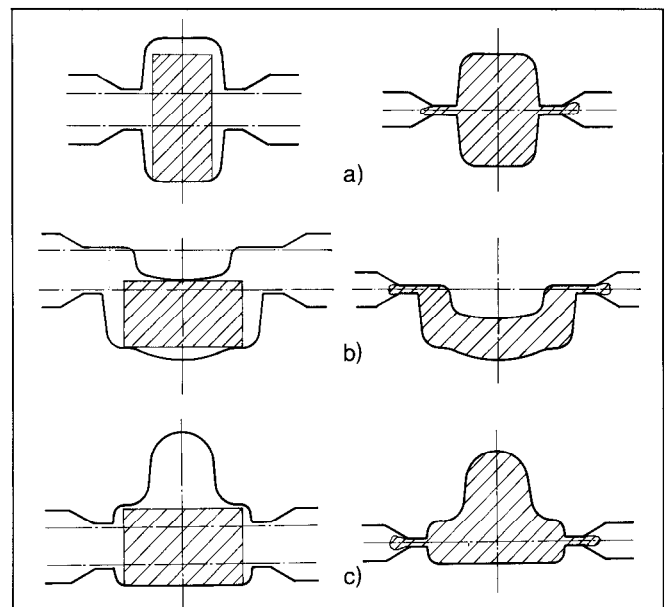


Bild 4: Hauptarten der Umformung beim Gesenkschmieden
a) Umformung durch Stauchen, b) Umformung durch Breiten, c) Umformen durch Steigen

vrhohlform ist bei geringem Verschleiß der Werkzeuge gewährleistet, da nur geringe Reibung durch den Materialfluß zwischen Werkstück und Werkzeug erfolgt.

b) Beim Umformen durch *Breiten* werden größere Kräfte benötigt. Der Werkzeugverschleiß wird größer, da erhebliche Reibung durch den Materialfluß unter starkem Druck zwischen Werkstück und Werkzeug erfolgt.

c) Muß beim Umformen ein *Steigen* des Werkstoffs erfolgen, werden noch erheblich größere Umformkräfte benötigt. Die meistens geneigten Flächen der Werkzeuge hindern den Werkstoff am Steigen und durch Querstauchen lassen sich die Formen nur schwer füllen. Auf die Mitwirkung des Grates oder der Gratsperren zum Auffüllen der Form kann hier kaum verzichtet werden (Bild 5).

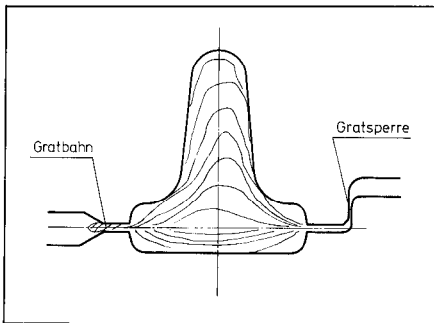


Bild 5: Gratbahn und Gratsperre

Konstruktion der Schmiedestücke und Anfertigung der Rohteilzeichnung

Form und Maße des fertigen Bauteils bestimmen Gestalt und Ausführung des Schmiedeteils und damit das Schmiedeverfahren. Je eingehender man sich bei der Konstruktion des Fertigteils mit den technologischen Voraussetzungen des Gesenkschmiedens befaßt hat, um so einfacher und wirtschaftlicher wird das Schmieden sein und um so weniger Fragen entstehen bei der Anfertigung der Rohteilzeichnung.

Fragen, die vor Anfertigung der Rohteilzeichnung geklärt werden müssen:

- Lage der Gesenkteilung
- Seitenschrägen, Abrundungen
- Bodendicken bei gelochten Werkstücken
- Faserverlauf
- Bearbeitungszugaben und Toleranzen
- Erstaufnahmen bei der mechanischen Bearbeitung
- Beschriftung.

Lage der Gesenkteilung

Die Gesenkteilung oder Gratnaht legt die Verteilung des Schmiedestückes im Ober- und Untergesen fest. Eine möglichst ebene Gesenkteilung ist bei gleichmäßiger Volumenverteilung zwischen Ober- und Untergesen anzustreben.

Solche Werkzeuge lassen sich einfach herstellen, die Manipulation der Werkstücke ist bequem und waagerechter Schub der Gesenke gegeneinander wird vermieden.

Die Gesenkteilung hat auf das Ausfüllen der Gravr einen starken Einfluß, Gravröhrräume lassen sich durch Stauchen leichter füllen als durch Steigen. Vielfach kann man durch Änderung der Gesenkteilung den Materialfluß günstiger steuern.

Bei unsymmetrischen Schmiedestücken kann eine profilierte Gesenkteilung Führungsaufgaben übernehmen und günstige Auswirkungen auf den Schmiedestückversatz haben.

An einem Winkelstück (Bild 6) läßt sich der Einfluß der Gesenkteilung auf den Schmiedevorgang verdeutlichen.

Bei Lage der Teilung nach Ausführung a) muß das Material, wie durch die Fließlinien dargestellt, im Winkelstück steigen. Das Ausfüllen der Gravr ist schwierig und die unsymmetrische Form neigt durch Seitenschub zu Versatz. Die Gesenkneigung an den Stirnflächen vergrößert die Bearbeitungszugabe.

Nach Ausführung b) ist die Teilung dem Werkstofffluß angepaßt, ein sicheres Ausfüllen der Gravr ist gewährleistet. Da durch die gebrochene Teilung die

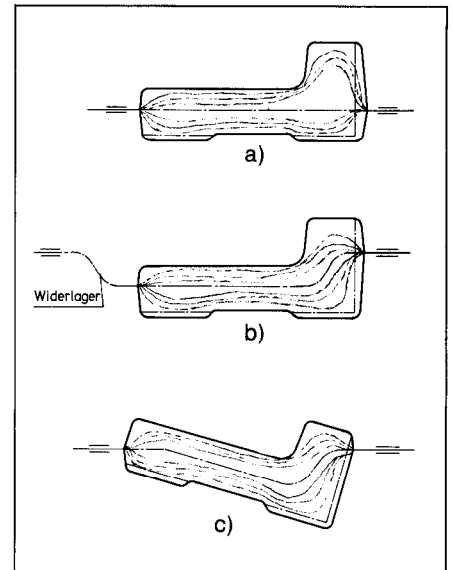


Bild 6: Einfluß der Lage der Gesenkteilung auf den Schmiedevorgang und die Gesenkeform

- a) ebene Gesenkteilung, b) dem Werkstofffluß angepaßte Gesenkteilung c) umformtechnisch optimale Gesenkteilung

Neigung zu Versatz vergrößert wird, müssen die Gesenke Widerlager erhalten, die die auftretenden Schubkräfte aufnehmen. Der Herstellungs Aufwand für solche Gesenke ist vor allem vom Werkzeugmaterial her größer.

Bei Lage der Gesenkteilung nach Ausführung c) erreicht man ein einfaches Ausfüllen der Form durch breitere Umformung bei gleichzeitiger Führung der Gesenkhälften ineinander.

Durch die Schräglage des Schmiedestückes wird die waagerechte Komponente der Umformkraft aufgehoben; das Rohlingsgewicht und die Bearbeitungszugaben werden verringert. Der Aufwand für diese Gesenkeform ist von der Herstellung der Gravr her größer als bei Form a).

Bild 7 zeigt einen Hebel, bei dem durch doppelte Kröpfung des Werkzeugs ein Längsschub der Gesenke ausgeschaltet wird. Diese Form der Gesenkteilung sollte in jedem Fall für mittlere und größere Serien gewählt werden. Bei Kleinserien solcher Hebel kann je nach Art

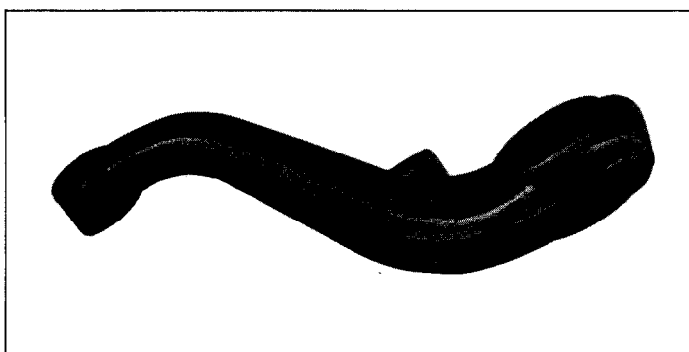


Bild 7: Hebel (3,2 kg) aus 34 CrMo 4

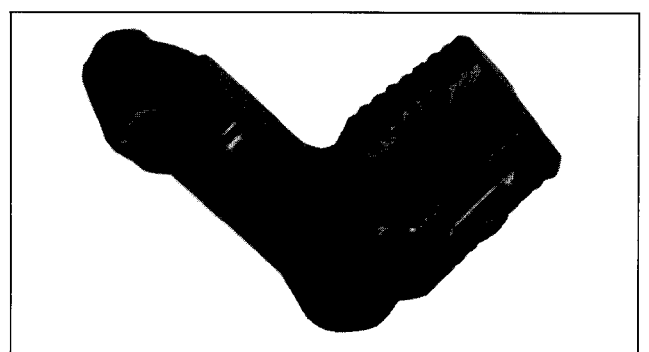


Bild 8: Tragsattel (4,0 kg) aus C 45

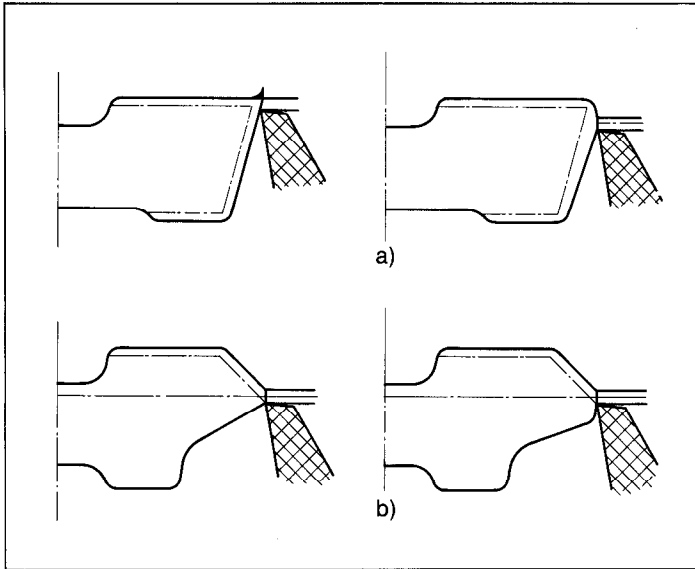


Bild 9:
Einfluß der Lage der Gesenkteilung auf das Abgraten
a) Anordnung zur Vermeidung von Abgratnasen,
b) Anordnung für sicheres Einlegen in das Abgratwerkzeug

der Kröpfung die Form a) oder b) nach Bild 6 wirtschaftlicher sein. Die beiden Augen werden nach dem Umformen warm kalibriert.

Bild 8 zeigt einen Tragsattel für eine Stahlwinde, hergestellt in Gesenken mit profilierter Teilung.

Oft gibt es im Maschinenbau gleichartige Hebel mit symmetrischer entgegengesetzter Kröpfung. In diesem Fall ist es unter Umständen wirtschaftlich, gerade Hebel im einfachen Werkzeug zu schmieden und anschließend zu biegen. In diesem Fall müssen aber größere Längentoleranzen zugelassen werden.

Die Lage der Gesenkteilung hat auch auf das Abgraten großen Einfluß. Die Gratnaht soll möglichst so am Schmiedestück verlaufen, daß ein einwandfreies Einlegen in das Schnittwerkzeug erfolgen kann und möglichst Abgratnasen vermieden werden. Oft kann durch geringfügige Änderung des Schmiederohlings im Bereich der Teilung Nach-

arbeit von Abgratnasen oder Ausschub durch Verpressen aufgrund von fehlerhaftem Einlegen vermieden werden.

Bild 9 zeigt auf der linken Seite die ungünstige Ausführung der Gratbahnlage und auf der rechten Seite zweckmäßige Abweichungen hiervon. Ausführung a) zeigt einen Vorschlag zur Vermeidung von Abgratnasen, Ausführung b) zeigt, wie durch geringe Änderung ein sicheres Einlegen in den Abgratschnitt garantiert werden kann.

Läßt die Konstruktion die Änderung der Lage der Gesenkteilung nicht zu, z. B. beim Abgraten dünner Flansche, so daß Abgratnasen unvermeidbar sind, müssen diese mit in die Rohteilzeichnung eingetragen werden. In diesem Fall ist auf Tabelle 6 in der DIN 7526 hinzuweisen. Hier sind die zulässigen Höhen und Breiten der Abgratnasen festgelegt.

Sollen Teilpartien von Schmiedestücken nachfolgend warm oder kalt kalibriert werden, um mechanische Nachar-

beit zu vermeiden, muß dies bei Festlegung der Gesenkteilung berücksichtigt werden. Zu kalibrierende Flächen sollen möglichst parallel zur Gesenkteilung liegen, d. h. quer zur Umformrichtung.

Seitenschrägen

In der Regel erhalten Schmiedestücke Seitenschrägen, um das Lösen der Teile nach dem Schmiedevorgang aus dem Gesenk zu erleichtern. Zu unterscheiden sind die Schrägen von Innen- sowie von Außenflächen. Nach Beendigung des Schmiedevorgangs lösen sich die Außenflächen durch die Schrumpfung von der Gesenkwandung, Innenflächen werden stärker an die Gesenkwandung angepreßt (z. B. Dorne von Rundteilen). Aus diesem Grund sind Innenneigungen größer auszuführen als Außenneigungen. Die Größe der Neigung ist abhängig von Form und Tiefe des Formelements, vor allem aber vom Fertigungsverfahren, ob Schmiedung unter dem Hammer, unter der Presse (mit oder ohne Auswerfer) oder unter Stauchmaschinen.

Zahlenwerte für Seitenschrägen sind in DIN 7523, Blatt 3 festgelegt (Tafel 1). Die DIN 7523 wird zur Zeit überarbeitet. Bei der Tabelle für Seitenschrägen werden die Werte für Hammerwerkzeuge reduziert.

Von den genormten Werten der DIN soll möglichst nicht abgewichen werden, auch mit Rücksicht auf die Herstellung der Umformwerkzeuge. Entsprechend den Tabellenwerten stehen zum Fräsen der Gravuren Normwerkzeuge zur Verfügung, die vor allem bei Klein- und Mittelserien, die meistens manuell hergestellt werden, benötigt werden. Normwerkzeuge (z. B. Fräser) mit entsprechenden Neigungen sind hier eine wirtschaftliche Notwendigkeit.

Werden Gravuren ausschließlich durch Drehen hergestellt, kann man von die-

Schmieden mit	Innenflächen			Außenflächen		
	Neigung	Winkel	Anwendung	Neigung	Winkel	Anwendung
Hämmern	—	—	—	1: 6	9°	bei hohen Rippen
	1: 6	9°	Normalfall	1: 10	6°	Normalfall
	1: 10	6°	bei niedrigem Dorn	1: 20	3°	bei flachen Teilen
Pressen	1: 6	9°	bei größerer Vertiefung	1: 10	6°	bei flachen Teilen
	1: 10	6°	Normalfall	1: 20	3°	Normalfall
	1: 20	3°	mit Auswerfer	1: 50	1°	mit Auswerfer
Waagrecht-Stauchmaschinen	—	—	—	1: 20	3°	im Stößelgesenk oder für Flächen quer zur Umformrichtung
	1: 20	3°	je nach Tiefe	1: 50	1°	Normalfall
	bis 1: 50	0–3°	Loch oder Vertiefung	—	0°	an Backenflächen

Tafel 1: Seitenschrägen nach DIN 7523, Bl. 3

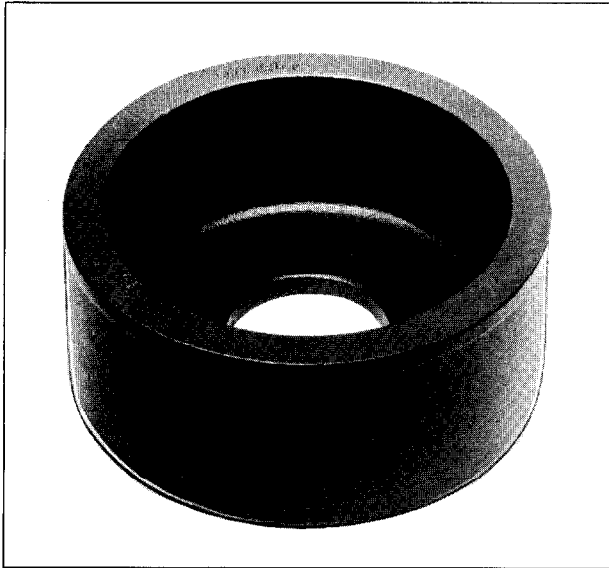


Bild 10: Trommel (12,7 kg) aus 34 CrMo 4

ser Vorschrift abweichen (wenn der Schmiedevorgang nicht behindert wird). Bild 10 zeigt eine Trommel, die nach Verlegung von Hammer- auf Pressenschmiedung mit geringsten Seitenschrägen versehen werden konnte. In Bild 11 ist der Querschnitt der Trommel gezeigt. Entsprechend der Linie 1 war nach Tabelle 1 die Neigung für die Hammerschmiedung ohne Auswerfer vorgesehen. Linie 2 zeigt die neue Ausführung bei Pressenfertigung mit geringster Neigung und entsprechend geringer Bearbeitungszugabe. Linie 3 zeigt die Kontur des bearbeiteten Teils. Durch die Seitenschrägen werden die Gravuren in der Tiefe enger, wodurch das Ausfüllen der Hohlräume erschwert

wird. Außerdem vergrößern Gesenkneigungen an Flächen, die nachfolgend bearbeitet werden, die Bearbeitungszugaben. Durch die zweckmäßige Wahl der Gesenkteilung kann der Konstrukteur bestimmen, welche Flächen des Schmiedestücks Seitenschrägen erhalten und den Querschnitt so wählen, daß ein leichtes Ausfüllen der Gravur erfolgen kann.

Rundungen und Hohlkehlen

Die fließgerechte Gestaltung eines Schmiedestückes setzt möglichst große Radien und Rundungen voraus. Beim Umfließen scharfer Kanten in den Gravuren steigt der Widerstand des Werk-

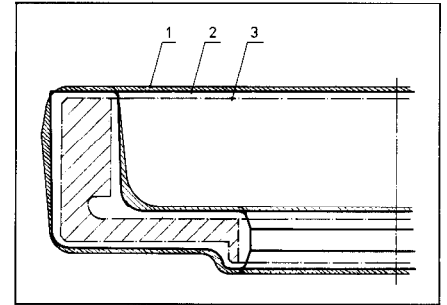


Bild 11: Mögliche Querschnittsausbildung der Trommel bei Hammer- bzw. Pressenfertigung

1) bei Hammerschmiedung (ohne Auswerfer), 2) bei Pressenschmiedung, 3) Kontur der fertig bearbeiteten Trommel

stoffs beim Umformen. Rundungen und Hohlkehlen haben deshalb einen besonderen Einfluß auf den Schwierigkeitsgrad der Gravurfüllung, auf den Werkstofffluß und auf die Standzeit der Gesenke.

An Übergängen von gegeneinander geneigten Flächen entstehen häufig durch zu kleine Radien Fehlstellen, sogenannte Stiche.

Eine fließgerechte Werkstückform mit großen Rundungen und weichen Übergängen ist für einen günstigen Faserungsverlauf, der auf die mechanischen Werte Einfluß hat, von Bedeutung. Zu kleine Radien an Querschnittsübergängen stören den Faserungsverlauf, sie können ungünstige Folgen für die Dauerfestigkeit der Bauteile haben.

An Rippen und Stegen sollten möglichst umschließende Radien angebracht werden. Durch große Radien können Kerbspannungen in den Gravur-

Versatz zulässig	Gratansatz + Anschrittiefe unsymmetrisch eben oder symmetrisch	Gratnaht	Gewicht		Stoffschwierigkeit	Feingliedrigkeit				Nennmaß-Bereiche																			
			kg	Gruppe		über 0,63 bis 1	über 0,32 bis 0,63	über 0,16 bis 0,32	über 0 bis 0,16	über 0	32	100	160	250	400	630	1000	1600	2500										
										über	bis	M1	M2	S1	S2	S3	S4	0 bis 32	32 bis 100	100 bis 160	160 bis 250	250 bis 400	400 bis 630	630 bis 1000	1000 bis 1600	1600 bis 2500			
0,3	0,3		0	0,4						0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,3	0,4		0,4	1						0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,4	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4	0,4		1	1,8						0,9	+0,6 -0,3	1	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,4	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,6	-	-	-	-	-	-
0,4	0,5		1,8	3,2						1	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,4	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,6	2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,7	2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9
0,5	0,6		3,2	5,6						1,1	+0,7 -0,4	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,6	2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,7	2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1
0,6	0,7		5,6	10						1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,6	2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,7	2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,3 -1,2
0,7	0,8		10	20						1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,6	2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,7	2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,3 -1,2	4,0	+2,5 -1,3

Tafel 2: Toleranzen nach DIN 7526

Toleranzen zul. Abweichungen DIN 7526	Rohlings- gew.		Teil	Schmiede- güte	Schmiedestückgew. umgefor. Teil		Hüllkörper- gew.	Fein- gliedrigk.	Stoff- schwierig.							
			A													
			B													
Maßarten	Tol. u. zul. Abw.				Maßarten				Tol. u. zul. Abw.				Besonderheiten			
	A		B		A		B									
	(+)	(-)	(+)	(-)												
Längen- maße ¹⁾					Gratansatz (+) ²⁾ Anschnitttiefe (-)				Sondertoleranzen gekennzeichnet mit*							
Breiten ¹⁾ Durchm.					Durchbiegung ²⁾ Verwerfung				Hohlkehlen u. Kantenrundungen n. Tabelle 6							
Höhenmaße					Abgratnasen		Höhe (u)	Breite (v)	Höhe (u)	Breite (v)	Tiefe von Oberflächenfehlern Abschnitt 3.2.4.3. und 9.2.4.5.					
Dicke, Durchm.					Klemmgrat		Höhe (u)	Breite (v)	Höhe (u)	Breite (v)	1) für Innenmaße (+) und (-) vertauschen					
Versatz ²⁾					Auswerfermarken ²⁾		+	-	+	-	2) zusätzlich zu anderen Toleranzen					

Tafel 3: Tabelle zur Toleranzeintragung auf der Schmiedestück-Zeichnung

ren verringert und die Lebensdauer der Gesenke kann damit erhöht werden.

Bild 12 zeigt zwei Ausführungsformen einer Rippe. Von den kleinen Radien nach Ausführung a) entstehen im Gravgrund der Gesenke durch Kerbspannung Risse, die nach Ausführung b) vermieden werden.

Bild 13 zeigt ein Schmiedestück mit zwei Stegen, die Radien der Rippen wurden schmiedegerecht ausgeführt.

Toleranzen und Bearbeitungszugaben

Für die überwiegende Zahl aller Gesenkschmiedestücke aus Stahl gilt das Normblatt DIN 7526 [2].

Vor der Festlegung der Toleranzen müssen folgende Daten ermittelt werden:

- die zu tolerierenden Nennmaße
- das Gewicht des Rohlings
- der Verlauf der Gratbahn
- die Stoffschwierigkeit entsprechend der zur Verwendung kommenden Stahlsorte (M1 oder M2)

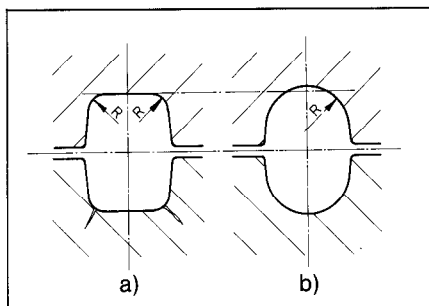


Bild 12: Ausführungsformen einer Rippe
a) ungünstig, b) günstig

- das Hüllkörpergewicht (zur Ermittlung der Feingliedrigkeit).

All diese Einflüsse werden nach DIN 7526 in ein Schema gefaßt. Die Toleranzen sind in Tabellen enthalten, deren Spalten nach Nennmaßbereichen aufgeteilt sind und deren Zeilen verschiedene Genauigkeiten anzeigen (*Tafel 2*).

In vereinfachter Form werden die Toleranzen in eine Tabelle der Zeichnung eingetragen (*Tafel 3*).

Entsprechend der größten Längen-, Breiten- und Höhenmaße wird die zulässige Maßabweichung ermittelt, die dann Gültigkeit für alle Maße hat. Für die Dickenmaße, das sind Maße, die die Gratbahn kreuzen, gilt eine besondere Tabelle. Hier muß der Einfluß der Gratbahn berücksichtigt werden. Eine Unterteilung in zwei Güteklassen ist vorhan-

den, die Güte „F“ entspricht dem Normalschmiedestück, die Güte „E“ dem Genauschmiedestück. Selbstverständlich können Maße auch mit Sondertoleranzen versehen werden. Ob dann besondere Aufwendungen beim Schmieden notwendig werden, ist zu prüfen.

Zusätzlich geben die Tabellen nach DIN 7526 Auskunft über den zulässigen Versatz, Gratansatz oder Anschnitt, über Auswerfermarken, Durchbiegung und Verwerfung, Abweichungen von Mittenabständen, Kantenrundungen und Hohlkehlen. Die Handhabung zur Ermittlung der Abweichungen ist in der Norm ausführlich beschrieben.

Bei der Festlegung der Toleranzen ist zu beachten, daß die zulässigen Maßabweichungen, Versatztoleranzen und Gratansatz oder Anschnitt sich im ungünstigen Fall addieren können. Erge-

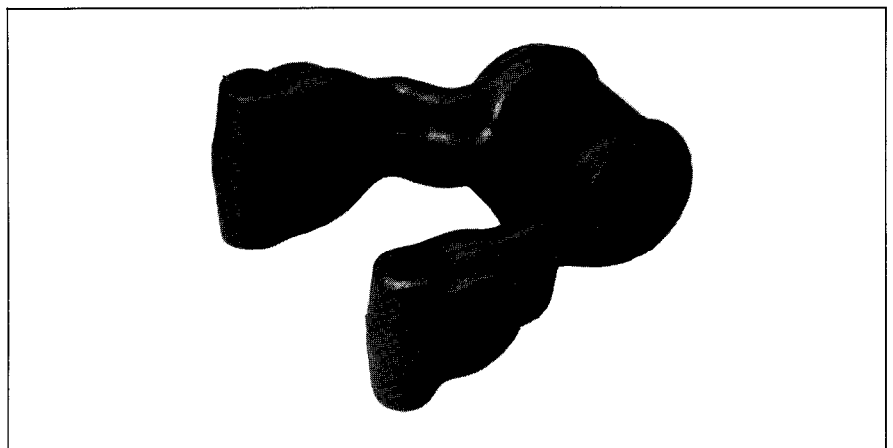


Bild 13: Federlasche (4,8 kg) aus C 45

ben sich hieraus zu hohe Abweichungen, sind Hinweise auf der Zeichnung erforderlich. Die Toleranzen müssen dann mit dem Schmiedestückhersteller abgestimmt werden.

Außerdem sieht die Norm vor, daß Abweichungen von der theoretischen Idealform innerhalb der Maßtoleranz zulässig sind.

Sollen für die Lage oder die Form einzelner geometrischer Formelemente zueinander andere Toleranzen gelten, sind entsprechende Angaben erforderlich. Hier können die Symbole nach DIN 7184 „Form- und Lagetoleranzen“ verwendet werden. Diese Toleranzen werden aber nur dann eingetragen, wenn sie für die Funktionstauglichkeit oder die wirtschaftliche Herstellung erforderlich sind. Eine Abstimmung mit dem Schmiedestückhersteller ist notwendig. Das Bild 14 zeigt die Seitenansicht des in Bild 15 gezeigten Traggelenks mit

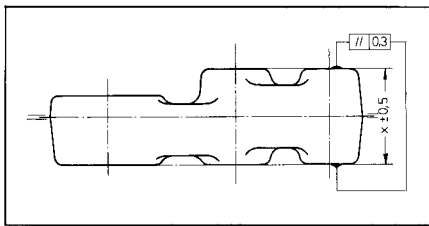


Bild 14: Seitenansicht eines Traggelenkes

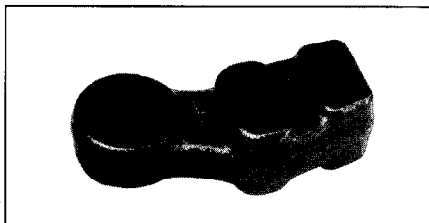


Bild 15: Traggelenk (1,2 kg) aus 37 CrS 4

dem Dickenmaß $X \pm 0,5$. Die Parallelität der beiden Kalibrierflächen muß in engeren Toleranzen liegen als durch die Dickentoleranz ausgedrückt, dies wird durch das entsprechende Symbol der Richtungstoleranz eingetragen.

Bei Langteilen oder bei unsymmetrischen Teilen mit Flanschen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Augen in Längsrichtung, d. h. in Schrumpfrichtung, oval auszubilden, um nach dem Bohren bei ungünstiger Toleranzlage die Mindestwanddicken nicht zu unterschreiten.

Das Bild 16 zeigt einen Hebel, bei dem die beiden kleinen Augen um die Maße L_1 und L_2 oval ausgeführt sind, damit eine mögliche unterschiedliche Längenschumpfung ausgeglichen werden kann.

Die Größe der Bearbeitungszugabe ist eng mit der Größe der zulässigen Maßabweichung und den übrigen Schmiedetoleranzen wie Versatz, Durchbiegung usw. verbunden. Eine Verringerung der Bearbeitungszugaben ist deshalb meistens auch mit einer Einengung der Schmiedetoleranzen verknüpft.

Die Oberflächenbeschaffenheit eines Schmiedestückes erlaubt geringe Zugaben, die aber so bemessen sein sollten, daß gelegentlich auftretende Fehler, wie z. B. Zundernarben, nach der mechanischen Bearbeitung nicht mehr sichtbar sind. Die Norm DIN 7523, Blatt 3, gibt Empfehlungen für die Bearbeitungszugaben in Abhängigkeit von der Größe der zu spanenden Fläche. Zur Erzielung höherer Maßgenauigkeit und geringster Bearbeitungszugaben sind Maßnahmen erforderlich, die zusätzlich Kosten verursachen.

Beim Gesenkschmieden lassen sich

Oberflächengüten erzielen, die oft eine mechanische Nacharbeit überflüssig machen. In einigen Fällen ist es daher zweckmäßig, die Genauigkeit bis zur erreichbaren Grenze zu steigern. Warmkalibrieren und Kaltprägen sind z. B. zwei Schmiedearbeitsgänge, um sehr enge Toleranzen und eine sehr gute Oberflächenbeschaffenheit zu erreichen.

Erstaufnahmen bei der mechanischen Bearbeitung

Sollen Schmiedestücke spanabhebend weiterbearbeitet werden, müssen die Spann- und Anlageflächen für die Erstaufnahmen und für die Weiterbearbeitung der Bearbeitungsmaschinen und Vorrichtungen festgelegt und mit in die Zeichnung eingetragen werden. Die Erstaufnahme hat entscheidenden Einfluß auf die Toleranzen und die Bearbeitungszugaben.

Spann- und Anlageflächen sollen außerhalb der Gratbahn und möglichst nicht in Bereichen liegen, die größerem Gesenkverschleiß ausgesetzt sind, und sie sollten Basis für die Bemaßung des Schmiederohlings sein. Die Lage der Spann- und Anlageflächen sollte so angebracht sein, daß eine schnelle und einfache Maßkontrolle mit Standardwerkzeugen oder Vorrichtungen möglich ist und ein falsches Einspannen für die Weiterverarbeitung ausscheidet.

Oft weisen Bauteile keine oder nur ungünstig angebrachte Spannstellen auf. In solchen Fällen können am Schmiedestück durch das Anbringen von Nocken oder Flächen, von Vertiefungen oder Mitnehmerlappen geeignete Auflage- oder Anlagemöglichkeiten geschaffen werden. Auch die Einschmiedung einer Zentrierung hat sich als

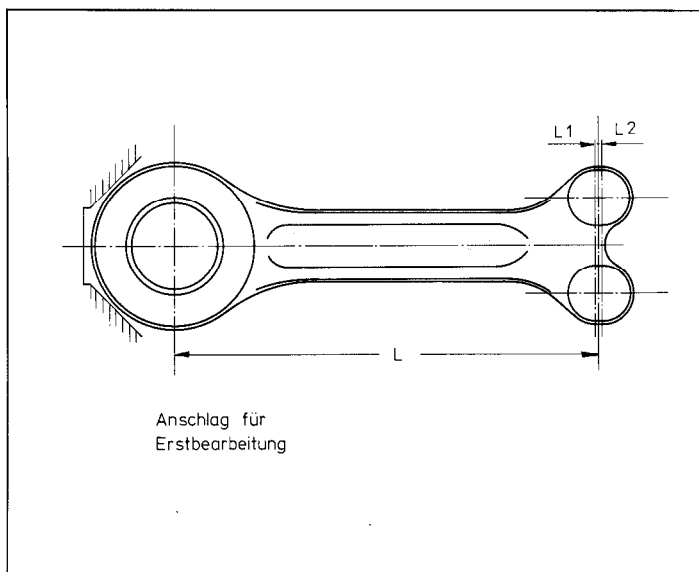


Bild 16: Ansicht eines Hebels mit oval ausgeführten Augen

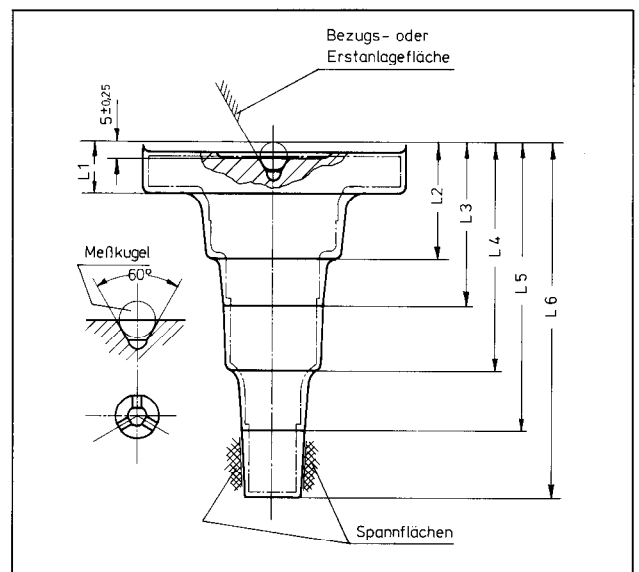


Bild 17: Ansicht einer Flanschswelle mit eingeschmiedeter Zentrierung

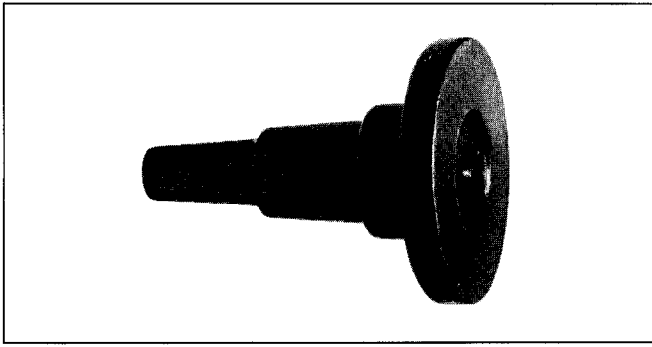


Bild 18: Flanschelle (1,16 kg) aus 34 Cr 4

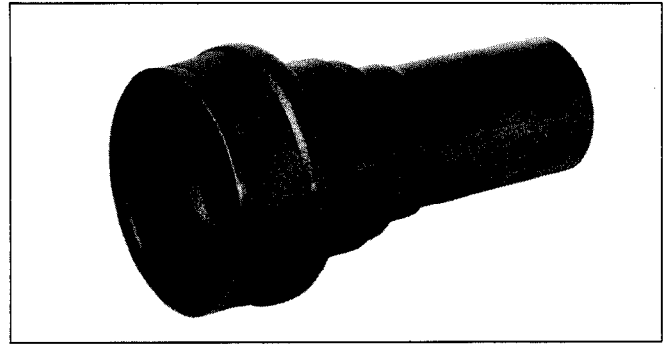


Bild 19: Welle (5,3 kg) aus 42 CrMo 4

Erstaufnahme für die Bearbeitung und als Basis für die Bemaßung bewährt.

Die *Bilder 17 und 18* zeigen eine kleine Flanschelle, bei der auf der Flanschseite eine 3-Punkt-Zentrierung eingeschmiedet ist, die ohne jede mechanische Bearbeitung für alle Dreh- und Schleifoperationen verwendet werden kann. Für die Maßkontrolle wird in die Zentrierung eine Kugel eingelegt.

Bei anfallendem Ausschuß nach der mechanischen Bearbeitung geben richtig angebrachte Aufnahmepunkte oder -flächen Auskunft, ob fehlerhafte Bearbeitung oder ob Rohlingsfehler vorgelegen haben.

Die Aufnahmen für die Erstbearbeitung, die Aufnahmen für die Weiterbearbeitung und die Spannstellen haben unterschiedliche Funktionen zu erfüllen, sie sind deshalb in den Rohteilzeichnungen durch verschiedene Symbole ge-

kennzeichnet. Entsprechende Angaben sind im Normblatt DIN 7523 enthalten.

Beschriftung

Ist eine Beschriftung der Schmiedestücke erforderlich, sind Ort und Lage zeichnungsmäßig genau festzulegen. Die Beschriftung soll möglichst nicht in Bereichen des Schmiedestückes liegen, wo während des Schmiedevorgangs großer Materialfluß auftritt, oder an Flächen, die im Spannungsbereich für die Erstaufnahmen des Teils liegen.

Zweckmäßigerweise wird die Beschriftung so angebracht, daß sie in der Oberform des Umformwerkzeuges liegt. Nach Möglichkeit sollte man eine erhabene oder eingedrückte Ausführung wahlweise zulassen, da es häufig wirtschaftlicher ist, die ganze Beschriftung oder einen Teil der Beschriftung erst nach dem Schmieden, z. B. beim Abgraten oder Kalibrieren einzudrücken.

Sonderformen von Gesenkschmiedestücken

Im allgemeinen werden Gesenkschmiedestücke unter Hämmern oder Pressen hergestellt. Bei Sonderformen wird es vielfach erforderlich, andere Verfahren einzusetzen oder zusätzliche Arbeitsgänge durchzuführen.

Teile mit einem langen Schaft und einseitiger Verdickung stellt man wirtschaftlich unter Waagrechtstauchmaschinen her. *Bild 19* zeigt eine solche Welle.

Auch Buchsen und Naben, hohl gestaucht, können auf Waagrechtstauchmaschinen hergestellt werden, *Bild 20*. Durch die Kombination Gesenkschmieden und Stauchen ist die Herstellung komplizierter, hinterschmiedeter Teile möglich. *Bild 21* zeigt ein unter der Schmiedepresse hergestelltes Gehäuse, an dem nachfolgend der Flansch angestaucht wurde.

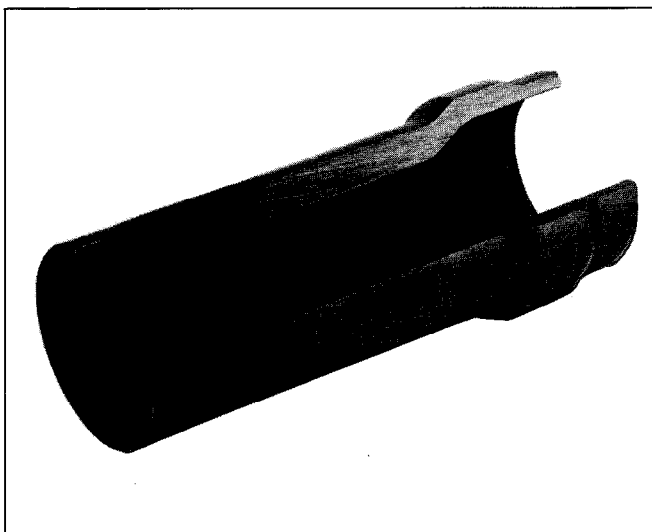


Bild 20: Nabe (7,2 kg) aus C 45

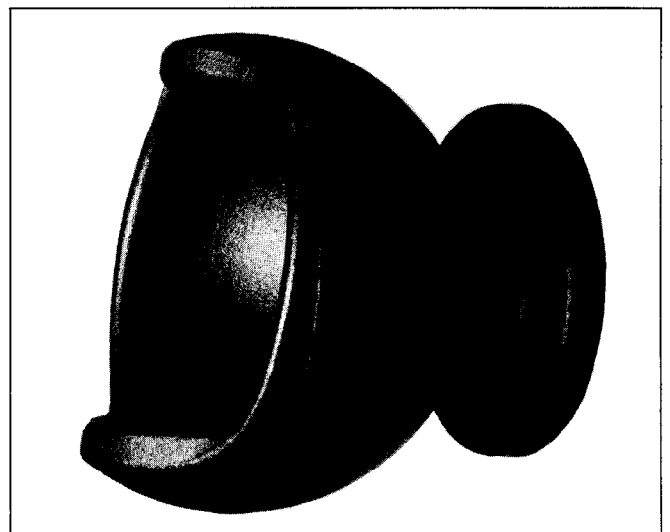


Bild 21: Gehäuse (14,6 kg) aus C 35

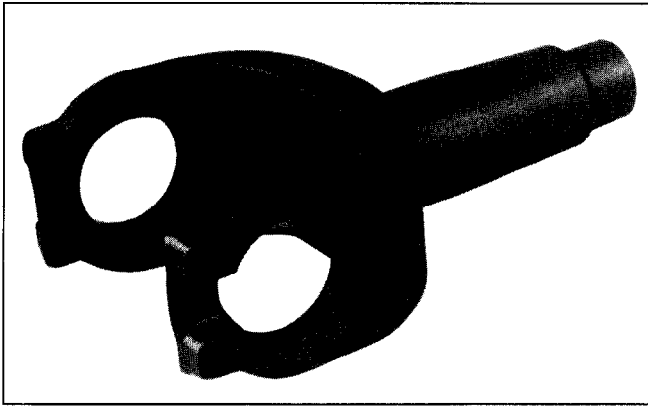


Bild 22: Antriebselement (17,5 kg) aus 34 Cr 4

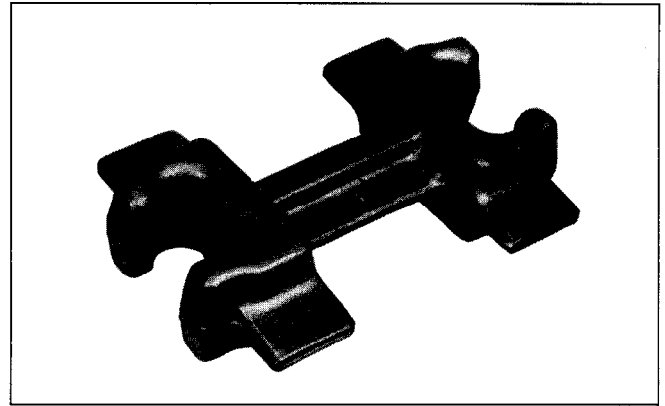


Bild 23: Zwischenstück (4,5 kg) aus St 70-2

Durch Biegen, Verdrehen, Lochen und Fließpressen läßt sich die mögliche Formenvielfalt noch erweitern.

Bild 22 zeigt ein hochbeanspruchtes Antriebselement für den Landmaschinenbau. Durch Gesenkschmieden werden die beiden Schenkel zunächst in waagerechter Lage geschmiedet und daran anschließend gebogen und gelocht.

Bild 23 zeigt ein Schmiedestück bei dem die beiden Ausnehmungen in den Köpfen durch nachfolgendes Lochen mit Fertigmaß hergestellt werden. Eine mechanische Bearbeitung ist nicht mehr erforderlich.

Diese Beispiele von Sonderformen sollen auf die erweiterten Formgebungsmöglichkeiten, die häufig in Schmiedeunternehmen gegeben sind, hinweisen.

Literaturnachweis:

- [1] Lange, K., und Meyer-Nolkemper, H.: Gesenkschmieden, 2. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1977.
- [2] Schmiedestücke aus Stahl; Toleranzen und zulässige Abweichungen für Gesenkschmiedestücke. DIN 7526.

Bildnachweis:

- Bilder 1 bis 3: s. Literatur;
- Bilder 4 bis 23: Carl Dan. Peddinghaus, Ennepetal.